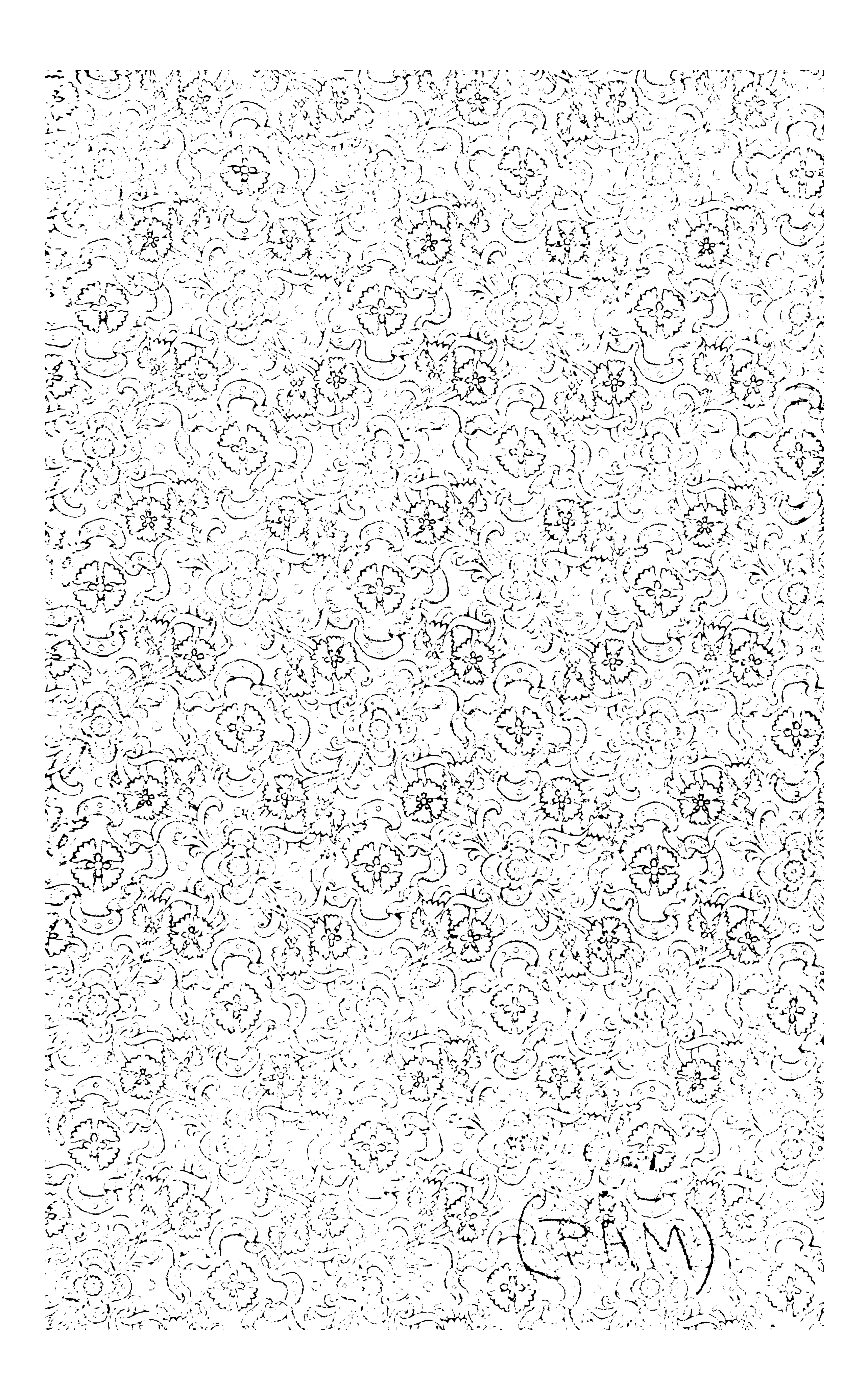








Dr. J. Fricks

Physikalische Technik

oder

Anleitung zu Experimentalvorträgen

sowie zur

Selbstherstellung einfacher Demonstrationsapparate

Erster Band Erste Abteilung



Dr. J. Fricks

Physikalische Technik

oder

Anleitung zu Experimentalvorträgen

sowie zur

Selbstherstellung einfacher Demonstrationsapparate

Siebente

vollkommen umgearbeitete und stark vermehrte Auflage

von

Dr. Otto Lehmann

Professor der Physik an der technischen Hochschule in Karlsruhe

---

In zwei Bänden

Erster Band Erste Abteilung

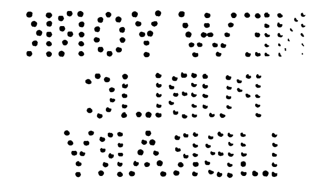
Mit 2003 in den Text eingedruckten Abbildungen und einem Bildnis des Verfassers

---

Braunschweig

Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn

1904



Vorrede.

Die rapide Entwickelung von Technik und Industrie, insbesondere des jüngsten, bereits reiche Früchte tragenden Zweiges derselben, der Elektrotechnik, bringt die hohe Bedeutung der physikalischen Wissenschaft für die moderne Kultur[1]) klar zum Bewußtsein, und unabweislich tritt an die heutige Schule die Forderung heran, die Physik nicht nur zu berücksichtigen, sondern so zu lehren, daß jeder reife Schüler wenigstens mit den wesentlichsten physikalischen Begriffen und den einfachsten fundamentalen Gesetzen vollkommen vertraut ist.

Die Aufgabe der Schule ist aber nicht nur, für Aneignung eines mehr oder minder ausgedehnten Wissensschatzes zu sorgen, sie hat vielmehr auch die harmonische Entwickelung aller Fähigkeiten des Menschen anzustreben und auch in dieser Hinsicht gebührt der Physik weit mehr Beachtung, als bisher im allgemeinen der Fall war.

Die Zeiten, in welchen man mit sogenannter ästhetischer Erziehung, d. h. vorwiegend Heranbildung zu gefälliger mündlicher und schriftlicher Ausdrucksweise, Erweckung von Begeisterung für das klassisch Schöne u. s. w., glaubte auskommen zu können, sind wohl für immer dahin. Der mit zunehmender Bevölkerungsdichtigkeit immer schwieriger werdende Kampf ums Dasein läßt behagliches Genießen, Pflege des geselligen Verkehrs, Beschäftigung mit schönen Werken der Kunst und Literatur, so bedauerlich dies auch sein mag, für die große Mehrheit der kommenden Generation bei weitem nicht mehr in gleichem Maße zu wie früher, sondern erfordert in erster Linie emsige und anstrengende Verstandestätigkeit, zu welcher bereits die Schule zu passender Zeit erfolgreich vorbereiten muß, und zwar ohne

[1]) Meines Erachtens sollte im geschichtlichen Unterricht die Kulturgeschichte und deren Zusammenhang mit der Geschichte von Physik und Technik, sowie der Einfluß der Kulturentwickelung auf die politischen Begebenheiten weit mehr berücksichtigt werden als dies bis jetzt der Fall ist. In der Schrift: „Physik und Politik“, Rektoratsrede, Karlsruhe, Braunsche Hofbuchdruckerei, 1901, habe ich, soweit auf dem engen Raum möglich, den Zusammenhang zwischen physikalischen Entdeckungen und den wichtigsten Begebenheiten der Weltgeschichte darzulegen gesucht. Eine vollständigere Sammlung von Daten aus der Geschichte der exakten Wissenschaften und der Kulturgeschichte geben: L. Darmstaedter und R. Du Bois-Reymond, 4000 Jahre Pionierarbeit, Berlin, Stargardt, 1904; Kraemer, Weltall und Menschheit; Schlenther, Das 19. Jahrhundert in Deutschlands Entwicklung; Dannemann, Die Entwicklung der Naturwissenschaften u. a.

Überlastung der jungen Natur und ohne Vernachlässigung der sittlich-ästhetischen Ausbildung.

Es gibt keine zweite Wissenschaft, welche in gleich vortrefflicher Weise für diese Gymnastik des Geistes geeignet wäre, wie gerade die Physik. Selbst die vom logischen Standpunkte strengere reine Mathematik ist pädagogisch von weit geringerem Werte, weil sie allzu einseitig ist und infolge der Abstraktheit der Begriffe allzu wenig anregend.

Ist nun auch die Physik noch bei weitem nicht im stande, auch nur alle einfachen und gewöhnlichen Erscheinungen deduktiv begründen zu können, so vermag sie doch, schon beim jetzigen Stande der Entwickelung, dem Unterrichte überreiches Material zu Denkübungen zur Verfügung zu stellen, durch welches dem Schüler in unzweideutiger Weise vor Augen geführt wird, daß in den Naturerscheinungen keine Willkür herrscht, daß es vielmehr Wahrheiten und feste Gesetze gibt, welche der Mensch notwendig aufsuchen und kennen lernen muß, wenn er im stande sein will, die Naturkräfte zu beherrschen und sich dienstbar zu machen. Hier gilt kein Meinen und kein Glauben, und selbst die Ansicht des Begabtesten und Erfahrensten, mag sie noch so geistreich scheinen oder von noch so vielen anderen geteilt werden, kann, wenn auf falschen Schlüssen beruhend, in der Regel mit größter Evidenz durch das Experiment widerlegt werden. Diese sichere, zuverlässige Kontrolle führt den Schüler zur Erkenntnis, daß die Verstandeskräfte des Menschen beschränkt sind, sie lehrt ihn Vorsicht, Bescheidenheit und Achtung vor logisch begründetem, fremdem Urteil.

Wieviel Streit und Zank in der Welt ließe sich vermeiden, wenn jeder Mensch gewohnt wäre, in so strenger Weise an sich selbst Kritik zu üben, wie es die physikalische Forschung verlangt, wieviel Zeit und Geld könnte erspart werden, wenn alles Tun und Lassen von reiflicher Überlegung ausginge und nicht, wie gar häufig, durch oberflächliche, verkehrte und mit Zähigkeit festgehaltene Meinungen und Ansichten geleitet wäre!

Die Übung im Anschauen und Begreifen fremdartiger Erscheinungen schärft das Beobachtungs- und Vorstellungsvermögen, leitet dazu an, die Erscheinungen stets in ihrem Verhältnis von Ursache und Wirkung geistig aufzufassen und führt hierdurch zu zielbewußtem und vernunftgemäßem Gebrauch aller leiblichen und geistigen Kräfte, zu verständigem Handeln und Tun überhaupt.

Allerdings kommen Fälle im Leben vor, wo konsequente Durchführung des Begonnenen oder rasche Entschließung weit wichtiger sind, als peinliche Korrektheit und ängstliche Erwägung der Folgen. Indes wird gerade zu solchem entschiedenen und kühnen Vorgehen derjenige besonders befähigt sein, der gewohnt ist, mit Vorsicht zu handeln und sich deshalb bewußt ist, auf Grund seiner Erfahrung und Übung auch ohne langes Probieren den richtigen Weg finden zu können.

Man wende auch nicht ein, stete Überlegung führe zu Eigennutz und verhindere Begeisterung für ideale Ziele. Gerade die Erkenntnis, daß es solche Fälle geben kann, in welchen das Interesse des Einzelnen gegenüber

dem der Gesamtheit zurücktreten muß, beseitigt alle Zweifel und schafft der Begeisterung für edle Ziele freie Bahn. Bietet doch speziell die Entwickelungsgeschichte der physikalischen Wissenschaft unzählige Beispiele der selbstlosesten Tätigkeit für die Interessen der Allgemeinheit!

So wichtig nun aber auch der Physikunterricht in jeder Hinsicht ist, so groß die zu erhoffenden Vorteile, so schwierig ist auch seine erfolgreiche Durchführung, so groß die Anforderung, die er an die Arbeitskraft des Lehrers stellt und an dessen besondere Befähigung für seinen Beruf.

Die „Kreide-Schwamm-Physik", welche noch zur Zeit, als die erste Auflage dieses Buches entstand, allgemein üblich war, und auf völliger Unkenntnis der psychologischen Vorgänge bei der Bildung neuer Vorstellungen und Begriffe beruht, bringt natürlich eher Schaden als Nutzen, und so mag es begreiflich erscheinen, daß um jene Zeit der pädagogische Wert des physikalischen Unterrichts sehr niedrig eingeschätzt wurde.

Die auch heute noch da und dort anzutreffende merkwürdige Scheu vor Ausführung physikalischer Demonstrationen hat teilweise ihren Grund im Mangel der nötigen Mittel oder in pädagogischen Rücksichten, aber durchaus nicht immer. Sehr häufig beruht sie darauf, daß dem Lehrer die erforderlichen Fähigkeiten und praktischen Kenntnisse fehlen, weil er während seiner Ausbildung an der Universität keine Gelegenheit hatte sich solche anzueignen.

Hier wollte Frick durch sein Buch, welches dem jungen Lehrer eine Anleitung zur Ausführung physikalischer Demonstrationen geben sollte, helfend eingreifen und der Umstand, daß es heute nach 50 Jahren in siebenter Auflage erscheint, ist ein Beweis, daß es einem wirklichen Bedürfnis entsprochen hat.

Dr. med. Joseph Frick, geboren am 16. Juni 1806 in Stauffen, war erst praktischer Arzt, dann Lehrer der Mathematik und Naturwissenschaften am Gymnasium in Freiburg i. B., schließlich Vorstand der höheren Bürgerschule daselbst. Nach seinem Tode am 11. Oktober 1875 (als Oberschulrat in Karlsruhe) wurde das Buch von seinem Nachfolger an der höheren Bürgerschule in Freiburg, Prof. Reichert in fünfter Auflage herausgegeben.

Mein Vater F. X. Lehmann, Fricks Nachfolger am Gymnasium in Freiburg, gab mir schon in jungen Jahren Gelegenheit, die von Frick beschafften Apparate und Einrichtungen kennen zu lernen und auf diesem Wege, sowie auch durch das Studium der Frickschen Bücher erhielt ich außerordentlich viel Anregung für meinen Beruf, deren ich stets mit Dankbarkeit gedenke, in Übereinstimmung mit der großen Zahl von Kollegen, die ebenfalls mit großem Nutzen das Fricksche Buch gebraucht und dadurch vielseitige Förderung ihrer beruflichen Tätigkeit erfahren haben.

Solche Empfindungen pietätvoller Dankbarkeit waren es, die mich im Jahre 1883 dazu drängten, in der pädagogischen Sektion der Naturforscherversammlung in Freiburg einen Vortrag über Fricks Verdienste zu halten, welcher später zum Anlaß wurde, daß mich Reichert ersuchte, die weitere Bearbeitung des Buches in die Hand zu nehmen, weil er infolge von Überhäufung mit Geschäften hierzu nicht mehr in der Lage sei.

Obschon ich nun schwere Bedenken hatte, dieses für mich so sehr verlockende Anerbieten anzunehmen, da ich damals noch nicht über ein physikalisches Institut verfügte, also keine Gelegenheit hatte, eingehendere eigene Erfahrungen zu sammeln, so entschloß ich mich schließlich doch der Aufforderung Folge zu leisten, in der Hoffnung, in der Literatur zu finden, was mir an eigener Erfahrung abging, um so mehr, als schon damals die Physik in lebhaftem Aufblühen begriffen war und zahlreiche Firmen die gebräuchlichen Apparate lieferten, deren Beschaffung früher mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden war [1]).

In dem Bestreben, das Buch so vollkommen wie möglich zu gestalten, traf ich nun zunächst auf die schwierige Frage: Was soll aufgenommen werden? Natürlich was wichtig ist. Aber was ist wichtig?

Man hat im Laufe der Zeit die Wichtigkeit physikalischer Gegenstände (abgesehen von ihrem erzieherischen Wert) nach verschiedenen Grundsätzen beurteilt. Insbesondere wären folgende hervorzuheben:

a) Das konservative Prinzip. Fast 2000 Jahre, bis gegen den Anfang des 18. Jahrhunderts hin, war es das herrschende. Das Lehrbuch des Aristoteles war das physikalische Evangelium. Abweichung davon war strafbar. Heute treffen wir dieses Prinzip nur noch vereinzelt an in Form von Bemühungen zur Aufstellung eines „Normallehrplans" für Physik. Was derselbe enthält, ist ziemlich gleichgültig, die Hauptsache ist, daß das Lehrpensum genau fest steht, einesteils vom Standpunkt des Schulinspektors, damit er in der Zahl der beantworteten Fragen ein bequemes und exaktes Maß zur Beurteilung des Lehrers besitzt, anderseits vom Standpunkt des Lehrers, damit er genau weiß, wie er sich die Anerkennung der vorgesetzten Behörde sichern kann. Welchen Wert dabei der Unterricht besitzt, ob er den Fortschritten der Kultur sich anpaßt, ob richtiges oder falsches gelehrt wird, ob wesentliches übergangen, unwesentliches bevorzugt wird, ist völlig gleichgültig. Der Normallehrplan ist die Norm, Abweichung ist strafbar. Leider fehlt aber jener allwissende, den ganzen Mechanismus der Natur durchschauende Mann, der im stande wäre, einen wirklich zutreffenden Normallehrplan aufzustellen. So ist denn zu hoffen, daß wir auch fernerhin damit verschont bleiben.

Ein gewisses Interesse an einem Normallehrplan für Mittelschulen hat ja auch der Hochschullehrer, damit er genau weiß, was er bei seinem Unterricht als bekannt voraussetzen kann. Zurzeit ist dies indes nicht selten, wie sich bei Gelegenheit der Examina ergibt, so wenig, daß es sich nicht lohnt darüber zu sprechen. Manche Hochschullehrer halten allerdings ein so geringes Maß von physikalischem Unterricht an den Mittelschulen geradezu

[1]) Als zu Ende des 18. Jahrhunderts das physikalische Kabinet in Karlsruhe in besseren Stand gesetzt werden sollte, mußte der Mechaniker desselben größere Reisen nach Frankreich und England unternehmen, um Apparate anzukaufen und selbst noch Eisenlohr, welcher zur Zeit der Herausgabe der ersten Auflage dieses Buches in Karlsruhe dozierte, beschaffte sich die Apparate großenteils auf Reisen im Auslande.

für einen Vorteil, einesteils weil ein richtiges Verständnis der Erscheinungen an der Mittelschule doch nicht zu erreichen sei, anderenteils weil oberflächlicher Unterricht den Schüler nur blasiert mache und ihm das für gründliches Studium an der Hochschule nötige Interesse benehme, so daß er, in der Meinung, bereits alles zu wissen, die Kollegien vernachlässige und schließlich weniger verstehe als der, welcher ganz ohne Vorbereitung die Hochschule besucht habe.

Daß derartige bedauerliche Fälle vorkommen, ist leider nicht zu bezweifeln, und statistisches Material ließe sich wohl in Menge beibringen.

Trotzdem kann ich mich durchaus nicht zu dieser Ansicht bekennen und betrachte die Schwierigkeit nur als eine Folge mangelhafter Organisation des Unterrichtes. Daß die Physik bereits an der Mittelschule betrieben werden muß, ergibt sich schon daraus, daß sehr viele Angehörige der gebildeten Stände überhaupt nicht in der Lage sind, eine Hochschule besuchen zu können. Daß Schüler, welchen die üblichen Experimente an der Mittelschule durch einen gewandten, tüchtigen Pädagogen vorgeführt wurden, kein Interesse mehr daran haben, dieselben Experimente in pädagogisch minder durchgearbeiteter Form an der Hochschule nochmals kennen zu lernen, beweist nur, daß der experimentelle Unterricht an der Hochschule in ganz anderer Weise durchgeführt werden muß als an der Mittelschule. Wenn die Mittel, welche das physikalische Institut der Hochschule auf Experimentalvorlesungen verwenden kann, relativ geringer oder nicht merklich größer sind als diejenigen, welche der Mittelschule zu Gebote stehen, wenn der durch wissenschaftliche Arbeiten und sonstige Berufsgeschäfte in hohem Maße belastete Lehrer der Physik auch noch als Mechaniker fungieren und seine Apparate selbst anfertigen soll, dann wird allerdings niemals ein erfolgreicher Unterricht an der Hochschule möglich sein, und man wird die Studierenden nur dadurch in die Kollegien zwingen können, daß man ihnen den vielleicht besseren Unterricht an der Mittelschule gänzlich entzieht.

Wir wollen hoffen, daß dies nicht geschieht, sondern die Staatsregierungen in Erkenntnis der hohen Wichtigkeit des physikalischen Studiums die Universitätsinstitute genügend reich ausstatten, um den Physiker in den Stand zu setzen, ohne Beeinträchtigung seiner wissenschaftlichen Tätigkeit zweckentsprechende, erfolgreiche Experimentalvorlesungen zu halten.

An technischen Hochschulen treten allerdings in neuerer Zeit Schwierigkeiten anderer Art hervor, insofern die Techniker bestrebt sind, ihre Vorlesungen tunlichst auf die ersten Semester zu verlegen, um trotz der verschärften Aufnahmebedingungen, welche im allgemeinen das Reifezeugnis einer neunklassigen Mittelschule verlangen, einen Abschluß des Studiums in derselben Gesamtzeit zu ermöglichen, wie bisher, was schon darum nötig ist, weil der angehende Ingenieur, um sich den mannigfachen Forderungen der Praxis anpassen zu können, in jungen Jahren in dieselbe eintreten muß, nicht erst dann, wenn er das Anpassungsvermögen verloren hat oder gar durch zu weit gehende Beschäftigung mit gelehrten Dingen das Interesse an

seinem Beruf überhaupt. Diese Bestrebungen leiten dahin, die ganze physikalisch-mathematische Vorbildung an die Mittelschule zu verlegen, was allerdings eine wesentlich veränderte Organisation ihres Unterrichts zur Voraussetzung hätte. Der physikalische Unterricht an der Hochschule würde dann dem technischen nachfolgen, was jedenfalls eine wesentliche Erleichterung für den Physiker wäre und ihm erlauben würde, die Ziele seines Unterrichts bedeutend höher zu stellen. Es könnte dann Physik in der Ausdehnung gelehrt werden, wie sie in größeren Handbüchern dargestellt ist, wozu allerdings an Stelle eines einzelnen Physikers eine physikalische Abteilung mit mehreren Mitgliedern treten müßte. Die Physiker hätten dann, da natürlich nur wenige Studierende sich diesen weitergehenden Studien widmen würden, genügend Zeit zu intensiver wissenschaftlicher Forschungstätigkeit und Weiterbildung unserer Naturerkenntnis, wie es im Interesse des Fortschritts unserer Kultur durchaus notwendig ist.

Der Normallehrplan der Mittelschule müßte in diesem Falle alles enthalten, was zum Verständnis der technischen Vorlesungen nötig ist, aber auch im Hinblick auf die spärliche Zeit nicht mehr, so daß er sich eben nur für spezielle Vorbereitungsschulen für das Ingenieurfach eignen würde.

b) Das philosophische Prinzip. Man kann ferner als wichtig erklären alles das, was zugunsten einer bestimmten Weltanschauung spricht. Der Physiker einer „katholischen“ Universität z. B. würde die Auswahl so treffen, daß der Schüler hingeleitet wird zur Erkenntnis der Weisheit und Güte des Weltschöpfers. Ein „Materialist“ würde eine Anordnung treffen, welche dahin leitet, die Welt als ein Haufwerk von Atomen zu betrachten, die durch direkte Fernkräfte im Newtonschen Sinne sich gegenseitig beeinflussen. Was sich nicht mit der einen oder anderen Anschauung vertragen will, wird als noch näherer Aufklärung bedürftig totgeschwiegen.

In den Lehrbüchern des 18. und 19. Jahrhunderts ist gerade das letztere Bestreben vorherrschend, hauptsächlich gefördert durch die Entwickelung der Chemie und Entdeckung der mechanischen Wärmetheorie. Ausgehend von dem Gedanken, daß alles in der Natur für uns begreiflich sein müsse, daß wir im stande sein müssen, die Erscheinungen als Kraftäußerungen unteilbarer Wesen, der Atome, vergleichbar den Kraftäußerungen unseres eigenen unteilbaren Ichs zu betrachten, wurde zunächst die Atomhypothese unter der Bezeichnung „Allgemeine Eigenschaften der Körper“ (Porosität, Teilbarkeit u. s. w.) als Tatsache eingeführt und sodann aus Galileis Fallversuchen der Begriff der „Masse“ abgeleitet, welche als eine Art Anhäufung jener kleinen Dämonen erscheint, die die Naturerscheinungen in einer für uns begreiflichen Weise hervorrufen sollen. Daran schlossen sich andere Axiome, wie z. B. das der „drei Aggregatzustände“ eines Körpers, wogegen sich aber, wie ich in meinem Buch über „Flüssige Kristalle“ [1]) ausführlich dargelegt habe, zahlreiche Einwendungen geltend machen lassen. Die

[1]) O. Lehmann, Flüssige Kristalle. Leipzig, W. Engelmann, 1904.

Entdeckung der radioaktiven Substanzen hat neuerdings auch die hartnäckigsten Anhänger jenes Glaubenssatzes von den Atomen, welche Newtonsche Fernkräfte aufeinander ausüben, wankend gemacht und es ist zu hoffen, daß in Zukunft ein Lehrbuch der Physik, welches nicht mit dem Folterinstrument der Fallmaschine zunächst dem Schüler ein Bekenntnis seines unerschütterlichen Glaubens an die Atome und deren Kräfte abnötigt, sondern eine gewisse Toleranz gestattet, wenigstens nicht von vornherein als unbrauchbar abgeurteilt wird, und damit ein in gleicher Weise für Wissenschaft und Studium schädliches System ein Ende nimmt.

c) Das technische Prinzip. Die Erkenntnis der Unzulänglichkeit aller philosophischen Systeme hat zu einem gewissen praktischen Standpunkte geführt. Wichtig ist danach alles, was Geld einbringt. Die Entdeckung der Röntgenstrahlen ist gewiß vom philosophischen Standpunkte betrachtet interessant, der Praktiker gewann aber erst ein Interesse dafür, als sich die Möglichkeit zu praktischer Verwendung in der Medizin ergab. Ohne diese wären die Röntgenstrahlen wie so vieles andere ein Kuriosum, welches der gebildete Mensch im allgemeinen nicht zu kennen braucht. Dieser praktische Standpunkt machte sich in neuerer Zeit mit um so größerem Nachdruck geltend, als die frühere philosophische Behandlung der Physik die technische Seite entschieden vernachlässigt, ja mit einer gewissen Geringschätzung behandelt hat. Der Gesichtspunkt, daß Gelderwerb das erste Ziel ist, kann gewiß nicht ein idealer genannt werden, indes braucht man deshalb durchaus nicht alles Streben nach wirtschaftlichen Verbesserungen, Erhöhung des Wirkungsgrades von Maschinen u. s. w. als gewissermaßen unrein zu betrachten. Das Hauptprinzip der Wissenschaft ist freilich Erkenntnis der Wahrheit ohne jede Nebenrücksicht, und insofern darf das, was vom praktischen Standpunkte als wichtig erscheint, nicht ohne weiteres auch als das wissenschaftlich wichtige betrachtet werden.

d) Das Modeprinzip. Die bisher besprochenen Grundsätze erstrebten eine Auswahl des Stoffes nach bestimmten Gründen. Solche sind aber nicht durchaus nötig, um etwas interessant oder wichtig erscheinen zu lassen. Die „Mode“ ist eine allzu bekannte und herrschsüchtige Tyrannin, als daß es nötig wäre dies näher auszuführen. Sie zwingt durch Suggestion zur Begeisterung für eine Sache, die im nächsten Moment ohne jede Motivierung als abgetan und veraltet verworfen wird. Es gibt auch Physiker, die ihren Lehrstoff der hauptsächlich durch die Tagespresse „gemachten“ Mode anpassen. Nachdem die Schüler genügend mit den allgemeinen Eigenschaften und der Fallmaschine gequält sind, werden eben noch die Ionentheorie, die Röntgenstrahlen und radioaktiven Emanationen oder was gerade „modern“ ist, behandelt, soweit die Zeit zureicht. Der Schüler erhält damit die Fähigkeit, mit einigem Verständnis die Zeitung zu lesen, ja sich bei der Konversation über Dinge, die in aller Munde sind, als Sachverständiger aufzuspielen. Irgend eine Neuigkeit, die zufällig den Weg in die Presse gefunden, gibt dem Lehrer Anlaß, sofort den entsprechenden Apparat zu beschaffen und das

Kabinett füllt sich statt mit brauchbaren, wohl durchgearbeiteten Unterrichtsapparaten mit Erstlingskonstruktionen, die bald ihren Wert völlig verlieren. Indes dann ist ja die Sache wieder aus der Mode gekommen und damit der Apparat überhaupt überflüssig geworden. Zuweilen kann sich der Lehrer den Wünschen, die durch populäre Schriften, Vorträge u. s. w. bekannt gewordenen Neuigkeiten so schnell wie nur möglich vorzubringen, gar nicht entziehen, da man sonst seinen Unterricht für ungenügend ansehen würde; hält doch gerade in pädagogischen Fragen fast jedermann sich selbst für mehr kompetent als den Lehrer, der durch langjährige Studien und praktische Erfahrungen seine Befähigung erlangen mußte. Übrigens muß der Physiker der Mode dankbar sein, denn sie fördert, wenn auch nur zeitweise, seine Interessen weit mehr als irgend ein anderes Moment[1]).

e) Das Gewohnheitsprinzip. Indem ich durch Vergleich der verschiedenartigsten Lehrbücher mich darüber zu informieren suchte, weshalb der eine Verfasser Gegenstände als unwichtig ausscheidet, auf welche der andere gerade besonderen Wert legt, bin ich zur Ansicht gekommen, daß zuweilen noch ein weiteres Motiv die Auswahl zu beeinflussen pflegt, die Macht der Gewohnheit, wobei ebenfalls besondere Gründe nicht in Betracht kommen. Das was dem Lehrer in seiner Studienzeit als besonders wichtig vorgetragen wurde, worauf er deshalb Jahre hindurch besonderen Wert legte, wird von ihm immer noch bevorzugt, auch wenn es durch besseres längst überholt ist. Er fühlt deshalb auch gar keinen besonderen Drang, das Neue kennen zu lernen und zu verwerten und so wird er ganz von selbst in seiner Meinung immer mehr bestärkt, da ihm die klare Übersicht über den ganzen Stoff fehlt und Auswahl nach besonderen Gründen überhaupt unmöglich ist. Beispielsweise wurden in nicht wenig Lehrbüchern bis in die neueste Zeit die Errungenschaften der Elektrotechnik so gut wie gar nicht berücksichtigt, obschon sie sicherlich nicht unwichtig sind. Die Behandlung der Elektrisiermaschine bildete nach wie vor den wesentlichen Teil der Elektrizitätslehre und, wenn ich einen Schüler, der nach solchem Lehrbuch unterrichtet worden war, befragte, wie er sich denn vorstelle, wie im Städtischen Elektrizitätswerk der Strom erzeugt werde, durch den die zahlreichen in Schaufenstern und Straßen installierten elektrischen Lampen gespeist werden, so erfolgte prompt die Antwort, daß in der Zentrale eine Reibungselektrisiermaschine mit großer Glasscheibe aufgestellt sei.

Der Einwand, der physikalische Unterricht brauche die Technik nicht zu berücksichtigen, ist zurückzuweisen, denn die Elektrisiermaschine ist auch ein technischer Apparat und über das Wesen der Elektrizitätserzeugung durch Reibung sind wir weniger unterrichtet als über das der Induktion. Außer-

[1]) Es sei hier auch hingewiesen auf Otto Stoll, Suggestion und Hypnotismus in der Völkerpsychologie, 2. Aufl., Leipzig, Veit u. Co., 1904. Die Bedeutung der Suggestion auf dem Gebiete der Pädagogik scheint noch nicht genügend gewürdigt zu sein. Ähnlich wie bei den hypnotischen Erscheinungen das Bewußtsein ausgeschaltet ist, wird bei der Suggestion das Verlangen nach Erkenntnis des kausalen Zusammenhanges ausgeschaltet.

dem muß an der Mittelschule, wo kein besonderer Unterricht in der Technik erteilt wird, der Physiker notwendig auch die technischen Anwendungen lehren.

Die behandelten Gesichtspunkte sind nur als Beispiele aufzufassen. Es ließen sich deren noch mehr auffinden. Sie mögen zeigen, wie schwierig es ist, näher zu definieren, was wichtig ist und daß tatsächlich die Ansichten darüber außerordentlich weit auseinander gehen. Das Fricksche Buch sollte nun eine Anleitung zum Experimentieren geben, welche für jedes Lehrbuch paßt, der Stoff mußte also möglichst vollständig zusammengetragen werden. „Wer vieles bringt, bringt manchem etwas.“ Freilich mußte ich aus Rezensionen ersehen, daß ich auch damit nicht alle Wünsche befriedigen konnte, insofern es Lehrer gibt, die in dem Buch eben nur das enthalten sehen möchten, was ihnen wichtig erscheint. Diesen Bedürfnissen könnte man nun wohl Rechnung tragen durch Veranstaltung verschiedener Ausgaben, großer und kleiner, nach diesem oder jenem Gesichtspunkt verfaßter. Doch darf man meines Erachtens den Bequemlichkeitsstandpunkt nicht zu sehr in den Vordergrund stellen. Es ist eine geringe Mühe, sich aus dem Vorhandenen das passende herauszusuchen, jedenfalls bleibt dabei die Möglichkeit einer wirklich zweckmäßigen Wahl.

Absolute Vollständigkeit zu erzielen war natürlich unmöglich. Sie erscheint auch geradezu störend. Hätte ich z. B. auch nur eine Übersicht über alle möglichen Formen, die man der Quecksilberluftpumpe gegeben hat, aufnehmen wollen, so hätte diese allein schon ein Buch von erheblicher Ausdehnung gefüllt und der Leser würde mir mit Recht vorwerfen, ich zwinge ihn unnötigerweise eine Menge Dinge zu lesen, die für ihn ohne Wert seien, da ja die Quecksilberpumpe für gewöhnliche Zwecke durch die Ölpumpe bereits überholt sei.

Mit gleichem Rechte könnte man nun aber die Aufnahme älterer Apparatformen überhaupt beanstanden. In dieser Hinsicht mußte ich damit rechnen, daß solche Apparate in zahlreichen Kabinetten vorhanden sind und gebraucht werden müssen, somit ein Buch, welches ausschließlich neuere Konstruktionen behandelt, für sehr viele Leser gar keinen Wert hätte. Der Erfolg, daß in manchen Büchern ältere Konstruktionen übergangen werden, ist übrigens der, daß solche in wissenschaftlichen Zeitschriften sehr überflüssiger Weise immer wieder als neue Erfindungen auftauchen. Selbst Apparate, die noch in der vorigen Auflage dieses Buches eingehend beschrieben waren, findet man in neueren Zeitschriften nicht nur einmal, sondern mehrfach als neu beschrieben. Das Aufleuchten einer elektrodenlosen evakuierten Röhre bei Annäherung oder Entfernung von einem geladenen Konduktor oder beim Funkenüberspringen zwischen benachbarten Konduktoren ist eines der in älteren Lehrbüchern als „künstliches Nordlicht“ oder „Henleys leuchtender Leiter“ u. dergl. am häufigsten beschriebenen Demonstrationsexperimente. Nichtsdestoweniger findet man selbst in hervorragenden Lehrbüchern dieses Experiment als eine der neuesten staunenswerten Errungenschaften Teslas

aufgeführt. Mit Herstellung einer Quecksilberbogenlampe war ich in den Jahren 1880 bis 1882 in den Werkstätten von Heilmann, Ducommun u. Steinlen in Mülhausen i. E. eifrig beschäftigt[1]), habe aber nichts darüber publiziert, weil ich bei Durchsicht der Literatur fand, daß das Prinzip schon bekannt ist und eine brauchbare praktische Konstruktion mit den mir zur Verfügung stehenden Hilfsmitteln (ich hatte nur Hauptstromdynamomaschinen zur Verfügung) nicht gefunden werden konnte. Heute ist dieser alte Apparat wieder zu Ehren gekommen, ein Beweis, daß alte mißachtete Apparate doch ein wertvolles Prinzip enthalten können und ihre völlige Ignorierung nicht gerechtfertigt ist.

Manche betrachten es als besonderen Vorzug eines zusammenfassenden Werkes, wie es vorliegendes sein will, wenn der Autor bestrebt ist, seine eigene Überzeugung zum Ausdruck zu bringen, „Schule" zu machen, der Mitwelt seinen Geist aufzuprägen u. s. w. Von solchen Bestrebungen weiß ich mich vollkommen frei, ich habe nur gesucht zu lernen und alles zu sammeln. Überzeugungen zu vertreten ist meines Erachtens nicht Sache eines solchen Buches, das mag in wissenschaftlichen Zeitschriften geschehen, wo auch dem Prinzip audiatur et altera pars entsprochen werden kann und jedermann Gelegenheit hat sich an der Diskussion zu beteiligen.

Ähnliche Schwierigkeiten wie bezüglich der Sammlung des Stoffes ergaben sich bezüglich der Anordnung. Welche Ordnung der einzelnen Gegenstände ist die richtige? Auch hier kann man verschiedene Gesichtspunkte zur Geltung bringen.

a) Das historische Prinzip. Die einfachen Maschinen, d. h. die Gesetze der Statik, bildeten seit alten Zeiten naturgemäß den Anfang der Physik. Ebenso ging man in der Wärmelehre aus von den schon im Altertum bekannten Erscheinungen des Schmelzens, Siedens, der thermometrischen Fixpunkte u. s. w., in der Elektrizitätslehre von der Reibungselektrizität, der magnetischen Anziehung u. s. w. Man demonstrierte sodann, wie sich die weiteren Kenntnisse historisch entwickelt haben bis zur Auffindung des alles umfassenden Gesetzes der Erhaltung der Energie und des Satzes vom Wachsen der Entropie. Ein solcher historischer Lehrgang erscheint naturgemäß, insofern auch für den Schüler die Bildung der Begriffe möglich sein muß auf demselben Wege, wie sie historisch entstanden sind.

b) Das Theorieprinzip. Tatsächlich haben sich nun aber manche Begriffe auf sehr umständlichem Wege entwickelt, so daß eine strenge Durchführung des historischen Prinzips auf große Schwierigkeiten stößt und den Unterricht eher benachteiligt als fördert. Vielfach hat man deshalb ganz darauf verzichtet und den Lehrstoff in erster Linie so zu ordnen gesucht, daß möglichst große Durchsichtigkeit, innerer logischer Zusammenhang der einzelnen Kapitel erzielt wurde. Ausgehend von dem Gedanken, die Natur-

[1]) Siehe O. Lehmann, Molekularphysik II, 1889, S. 308, Anmerkung.

erscheinungen müßten begreiflich sein, es müsse somit möglich sein, sie als Kraftwirkungen von Individuen vergleichbar unserem eigenen Ich, den Atomen, aufzufassen, setzte man die Erörterung der Begriffe Kraft und Masse an den Anfang, begann also mit der Dynamik und ließ die Statik folgen, genau umgekehrt wie bei dem früheren historischen Gange. Stillschweigend wurde dabei noch, in der Absicht alles hypothetische tunlichst zu vermeiden und eine möglichst exakte Beschreibung der Tatsachen zu geben, die Annahme gemacht, alle Kräfte seien in Wirklichkeit Trägheitskräfte, wie es z. B. Flüssigkeitsdruck und Gasdruck sind, wenn man sie durch Stoßwirkungen bewegter Moleküle hervorgebracht denkt. Diese Bestrebungen führten durch eingehende Besprechung der Fallmaschine zu Anfang des Unterrichts dahin, den meisten Schülern, die instinktiv das verfehlte dieses Unterrichts herausfühlen mochten, diesen möglichst zu verleiden und ihr Interesse für Physik absterben zu lassen. In Wirklichkeit ist es ganz unmöglich, alle Kräfte als Trägheitskräfte aufzufassen, wie in dem Kapitel über den Begriff Kraft näher ausgeführt ist, eine Trägheitskraft setzt vielmehr in jedem Falle das Vorhandensein einer wahren Kraft voraus, welche zwei Angriffspunkte besitzt, während eine einzelne Trägheitskraft nur einen solchen besitzt. Jene scheinbar hypothesenfreie exakte Beschreibung der Naturerscheinungen ist in Wahrheit genau das Gegenteil, ein Versuch, die Atomhypothese in möglichst versteckter Form einzuschmuggeln und kann deshalb durchaus nicht als eine wissenschaftliche Methode anerkannt werden, wenigstens wenn man als Ziel der Wissenschaft die Erkenntnis der Wahrheit betrachtet.

c) Das Stufenprinzip. Man hat die Vorausstellung der Dynamik auch damit begründet, die Behandlung der einfachen Maschinen gehöre überhaupt nicht in die Statik, eine Maschine sei ein Bewegungsapparat, das Gleichgewicht nur ein Spezialfall, der aus den allgemeinen Sätzen abgeleitet werden müsse, wie ja in der theoretischen Physik in der Regel Spezialfälle aus möglichst allgemein gültigen Prinzipien deduziert werden. Vom pädagogischen Standpunkte ist dies indes nicht richtig, es empfiehlt sich vielmehr das Fortschreiten vom einfacheren zum komplizierteren. Manche Lehrer halten überhaupt eine stufenweise Behandlung, eine Anordnung des Stoffes in konzentrischen, aber immer weiter ausgedehnten Abteilungen für nötig, was häufig auch mit Rücksicht auf die Stundenzahl und das verschiedene Auffassungsvermögen der Schüler in den verschiedenen Klassen unabweislich ist. Es wäre demnach der Stoff so anzuordnen, daß zunächst nur etwa das behandelt wird, was dem Auffassungsvermögen eines Elementarschülers entspricht, sodann ergänzend das Thema der Unterstufe einer Mittelschule, dann das der Oberstufe, schließlich das Pensum der Hochschule. Für ein Buch wie das vorliegende ist eine solche Anordnung natürlich unbrauchbar, da die Abgrenzung der einzelnen Gebiete durchaus willkürlich ist und die Übersicht völlig verloren ginge, so daß man ein gesuchtes Thema nur mit großen Schwierigkeiten auffinden könnte. In gewissem Sinne wurde aller-

dings eine stufenweise Behandlung durchgeführt, insofern z. B. die sog. einfachen Maschinen, auch die hydraulischen Motoren, Luftdruckmotoren, Dampfmaschinen u. s. w. zunächst als statische und erst später als dynamische Apparate behandelt werden.

d) Das Apparateprinzip. Manche erkennen ein sehr einfaches und übersichtliches Einteilungsprinzip des Stoffes in der Anordnung nach Apparaten. Beispielsweise wird bei der Fallmaschine alles besprochen, was damit zusammenhängt, es wird auch eine Fallmaschine mit elektromagnetischer Auslösung, elektromagnetischem Uhrwerk, Stimmgabelchronograph u. s. w. benutzt, ohne Rücksicht darauf, daß ein großer Teil der benutzten Vorrichtungen erst später erklärt werden kann. An die Besprechung der Luftpumpe schließen sich alle Versuche an, die mit einer Luftpumpe ausgeführt werden können, ebenso an die Elektrisiermaschine alle Versuche, zu denen eine Elektrisiermaschine herangezogen werden kann, alles in buntestem Durcheinander. Neuerdings sind noch mehrere derartige Universalapparate entstanden, hydraulische Apparate, Differentialthermoskope u. s. w., die zu den verschiedenartigsten Versuchen gebraucht werden können. Bureaukratisch angelegten Naturen muß eine derartige Behandlung des Stoffes ein Entzücken sein, andere halten sie wohl mit Recht für verwerflich. Im weiteren Sinne ist das Prinzip übrigens in sehr vielen Lehrbüchern durchgeführt. So wird beispielsweise bei Besprechung der Schwingungen und Wellen sofort alles herbeigezogen, was sich dadurch erklären läßt: die ganze physiologische Akustik; auf die Besprechung der Lichtreflexion und Lichtbrechung folgt sofort die ganze physiologische Optik, obschon doch Schall- und Lichtempfindungen die Gesetze der Harmonie u. s. w. mit den behandelten mechanischen oder elektrischen Vorgängen insofern nichts zu schaffen haben, als deren Behandlung sich nicht nur durchführen läßt, sondern sich viel einfacher und übersichtlicher gestaltet, wenn auf die Besprechung der physiologischen Wirkungen und Vorgänge völlig oder nahezu ganz verzichtet wird. Kann doch auch die Mechanik durchgeführt werden ohne nähere Analyse des physiologischen Druck- oder Zuggefühls und die Wärmelehre ohne physiologische Untersuchungen über Wärme- und Kälteempfindungen! Schon in der vorigen Auflage des Buches habe ich deshalb diese physiologischen Kapitel von den physikalischen getrennt, was auch aus dem Grunde zweckmäßig ist, um die in den verschiedensten Büchern noch immer vorkommenden Verwechslungen zwischen physikalischer und physiologischer Schall- und Lichtintensität u. s. w. zu vermeiden und die ausgedehnte Verwendung der Elektrizität in Akustik und Optik, sowie umgekehrt optischer Instrumente bei elektrischen Versuchen u. dergl. berücksichtigen zu können.

e) Das psychologische Prinzip. Soll eine richtige Begriffsbildung möglich sein, so muß sich das Nachfolgende immer aus dem Vorhergehenden ergeben, Antizipationen, d. h. Hinweise auf spätere Besprechung einer benutzten Vorrichtung oder Erscheinung müssen durchaus überflüssig sein und vermieden werden. Ich war deshalb vor allem bestrebt, ein Schema

zu schaffen, welches dieser Bedingung entspricht und im übrigen so gestaltet ist, daß alles hineinpaßt, daß nichts von dem gesamten Lehrstoff unterdrückt werden muß, sondern jeder Gegenstand seinen natürlichen, sich von selbst ergebenden Platz erhält. Es war dies um so mehr nötig, als das Buch so gestaltet werden mußte, daß es sich in Verbindung mit einem beliebigen Lehrbuch gebrauchen läßt[1]) und Abweichungen der Behandlungsweise zu keinen nennenswerten Störungen Anlaß geben. Man wird deshalb finden, daß die einzelnen Kapitel ziemlich selbständig sind, daß es keine erhebliche Schwierigkeiten macht, deren Reihenfolge, falls dies wünschenswert sein sollte, zu ändern, z. B. Dynamik in unmittelbarem Anschluß an Statik, Hydrodynamik im Anschluß an Hydrostatik u. s. w. zu behandeln, oder Dynamik vorauszusetzen u. s. w.

Eine wesentliche Änderung gegen früher habe ich bei der Elektrizitätslehre eintreten lassen, insofern ich früher in Anbetracht des Umstandes, daß die elektrischen Erscheinungen nicht wie die übrigen aus dem gewöhnlichen Leben schon einigermaßen bekannt sind, einen qualitativen Teil vorausschickte und ein besonderes Kapitel über elektrische und magnetische Größen folgen ließ. Bei der Ausdehnung, die heute die Anwendung der Elektrizität gefunden hat, schien dies nicht mehr nötig und im übrigen unzweckmäßig, da es leicht dazu führt, den quantitativen Beziehungen zu wenig Beachtung zu schenken und mancher, wenn er die Erscheinungen qualitativ versteht, sich für genügend unterrichtet hält und die geistige Anstrengung bei Beschäftigung mit den quantitativen Verhältnissen als zu große Zumutung erachtet.

Was die Behandlung des Stoffes im übrigen anbelangt, so divergieren auch hier die Ansichten bedeutend. Meist hält man kleine Apparate für ausreichend und zweckmäßig, weil ihr Gebrauch bequem ist. Ob dabei ein großer Teil der Zuhörer nichts oder sehr wenig von dem Versuch sehen kann, ob Nebenteile und störende Umstände aller Art das eigentlich zu Demonstrierende verdecken oder mindestens undeutlich machen, bleibt außer Betracht.

Ich bin der Ansicht, daß man, soweit irgend möglich, mit großen, weithin sichtbaren Apparaten und großen, gut meßbaren und auffälligen Kräften und Massen arbeiten soll, was allerdings voraussetzt, daß nicht nur genügende Räume, sondern auch zweckentsprechende Einrichtungen überhaupt vorhanden sind. Der erste Teil des Buches beschäftigt sich deshalb eingehend mit dem Gebäude des physikalischen Instituts und der Ausstattung der einzelnen Räume, soweit diese für die Vorlesungen in Betracht kommen.

Speziell bei Demonstrationen in sehr großem Maßstabe hat man es nun im allgemeinen nicht mit Apparaten zu tun, wie sie im Handel zu beziehen sind, sondern mit mehr oder minder roh zusammengezimmerten Gerät-

[1]) In erster Linie dachte ich allerdings an Verwendung in Verbindung mit Müllers Grundriß der Physik, 14. Aufl., Braunschweig 1896.

schaften, vergleichbar denjenigen, wie sie in Theatern Verwendung finden. Eine nähere Beschreibung derselben ist ebensowenig möglich oder nötig wie z. B. eine ausführliche Beschreibung aller bei Aufführung eines Theaterstückes benutzten Dekorationen und Requisiten.

Wer mit praktischen Arbeiten Bescheid weiß, wird ohne weiteres sich zu helfen wissen und gar kein Bedürfnis nach einer besonderen Anleitung empfinden; aus diesem Grunde wurde bei Besprechung der Werkstätte gleichzeitig eine ausführliche Anleitung zu praktischen Arbeiten gegeben, bei Besprechung der Versuche dagegen auf solche verzichtet und nur die Beschaffenheit der Apparate berücksichtigt, wie sie im Handel vorkommen, nach deren Muster man sich leicht Einrichtungen für Demonstrationen in größerem Maßstabe schaffen kann. Auch dem Magazin wurde einige Aufmerksamkeit gewidmet, da ohne genügenden Vorrat an Rohmaterialien flottes Arbeiten natürlich unmöglich ist. Insbesondere sei auch darauf hingewiesen, daß es sich empfiehlt, Fragmente von Apparaten, veraltetes u. dergl. nicht wegzuwerfen oder zu verkaufen, sondern im Magazin geordnet aufzubewahren, da sich häufig Teile älterer Apparate ohne weiteres zu anderem Zweck wieder verwerten lassen und hierdurch viel Zeit und Geld gespart werden kann.

Bei Demonstrationen für wenige Schüler und bei geringen Mitteln kann man suchen, tunlichst mit Gegenständen des täglichen Gebrauchs, die überall zu haben sind, auszukommen, was allerdings mit dem Nachteil verbunden ist, daß das Wesentliche des Versuchs weniger deutlich hervortritt als bei einem speziell dafür konstruierten Apparat, andererseits den Vorteil, daß der Apparat für den Schüler nichts fremdartiges hat und vor allem, daß die Schüler die Versuche nicht nur sehen, sondern auch selbst wiederholen können. Solche Selbsttätigkeit der Schüler ist ein hervorragendes pädagogisches Moment, auf welchem auch die Übungen in den Laboratorien, sowie die Schülerarbeiten an Mittelschulen beruhen[1]). Wer regelrechte Versuche ausführen kann, wird sich aber auch mit einfachen Mitteln zu behelfen wissen.

Besonderer Wert sollte beim Experimentieren darauf gelegt werden, alle Versuche tunlichst quantitativ zu behandeln und niemals mit unbenannten Zahlen zu rechnen, sondern stets genau anzugeben, welche Einheiten gemeint sind.

Die Anwendung des CGS-Systems in der Absicht einen Gewinn damit zu erzielen, daß den Zahlen keine Benennungen beigefügt zu werden brauchen, wie dies leider in sehr vielen Lehrbüchern geschieht, ergibt nur einen scheinbaren Gewinn und ist in Wirklichkeit ein großer pädagogischer Fehler. Ob überhaupt das CGS-System für den elementaren Unterricht brauchbar und nützlich ist, erscheint mir sehr fraglich[2]).

---

[1]) Anleitung zu solchen Versuchen, bei welchen hauptsächlich Schemel, Eimer, Bindfaden, Stricknadeln u. s. w. Anwendung finden, gibt H. Abraham, Recueil d'expériences élémentaires de physique, Paris, Gauthier-Villars, 1904, und Quincke, Zeitschr. 5, 113, 1892 und 7, 57, 1898. — [2]) Siehe O. Lehmann, Das absolute Maßsystem, Verhandl. d. Naturw. Vereins Karlsruhe, 12, 1897; Z. 10, 77, 1897.

Auch von anderer Seite ist gleiches ausgesprochen worden und neuerdings mehren sich die Stimmen, welche empfehlen, das CGS-System aus dem Unterricht zu verbannen [1]) und konsequent diejenigen Einheiten zu benutzen, welche allgemein in der Technik üblich sind. Um allen Ansprüchen zu genügen, habe ich bei den Berechnungen in der Regel wenigstens die Resultate in beiden Maßsystemen angegeben.

Was die Bezugsquellen von Apparaten anbelangt, so habe ich, um Raum zu sparen, eine abkürzende Bezeichnung gewählt in der Art, daß in der Regel hinter die Nummer einer Figur der Anfangsbuchstabe der Firma gesetzt wurde, welche den Apparat liefert und eine Zahl, welche den Preis in Mark angibt. So bedeuten wie in der vorigen Auflage:

K Max Kohl in Chemnitz, Adorferstr. 20.
E F. Ernecke, Berlin SW., Königgrätzerstr. 112.
Lb Leybolds Nachf., Köln, Brüderstr. 3/5 und Schildergasse 46.
L Leppin u. Masche, Berlin SO., Engelufer 17.
S Dr. Stöhrer u. Sohn, Leipzig, Weststr. 10.
Hu Fr. Hugershoff, Leipzig, Carolinenstr. 13.
So E. Sonnenthal jun., Berlin C., Neue Promenade 6.
W Warmbrunn, Quilitz u. Co., Berlin C., Rosenthalerstr. 40.
M Dr. Muencke, Berlin NW., Luisenstr. 58.

Bei dem fortwährenden Wechsel der Preise und Konstruktionen können diese Daten natürlich nur dazu dienen, einigermaßen Anhalspunkte zu geben. Genaueres wird man dann leicht in dem Katalog der betreffenden Firma finden können.

Da, wo es ohne besondere Umstände geschehen konnte, habe ich stets auch den Erfinder des Apparates, sowie den Ort, wo der Apparat zuerst beschrieben wurde, angegeben. Weil dem Lehrer an der Mittelschule meist nur die Zeitschrift für physikalischen und chemischen Unterricht (abgekürzt bezeichnet durch: Z), sowie die Annalen der Physik nebst Beiblättern oder die „Fortschritte der Physik" zur Verfügung stehen, wurden die Zitate meist auf diese bezogen, wo dann die weitere Literatur nachgesehen werden kann. Leider sind in den Mechaniker-Katalogen nicht immer Literaturangaben zu finden, ja häufig wird ein Apparat als Spezialkonstruktion der Firma bezeichnet, obschon dieselbe eigentlich nur die Ausführung desselben übernommen hat. In dem Katalog von Ernecke sind Originalkonstruktionen der Firma unterstrichen, in anderen fehlen solche Angaben. Es genüge hierauf hingewiesen zu haben. Da ich nicht in der Lage war zu beurteilen, ob dem Autor oder der Firma der Hauptanteil an einer Konstruktion zukommt, beschränkte ich mich auf die Literaturnotizen. Vielleicht wird es bei einer späteren Auflage möglich sein, in dieser Hinsicht größere Vollständigkeit zu erzielen und auch Literaturnotizen bezüglich der älteren Apparate nachzutragen. Aus Mangel an Zeit mußte ich für jetzt darauf

[1]) Siehe Fritz Emde, Elektrotechn. Zeitschr., Vortrag vom 26. April 1904.

verzichten, diesem historischen Moment mehr Beachtung zu schenken. Die Angaben der Firmen sind im allgemeinen mit großer Vorsicht aufzunehmen. Beispielsweise ist in Meyers Konversationslexikon, 5. Aufl., Lissers Influenzmaschine beschrieben. Herr Lisser war aber meines Wissens weder Physiker noch Mechaniker, sondern Kaufmann und hat wohl solche Maschinen verkauft, aber nicht konstruiert. Die Konstruktion ist die Holtzsche Influenzmaschine zweiter Art, die gewöhnlich nach der Firma Wimshurst genannt wird. Bei größeren Firmen, z. B. Siemens u. Halske, gilt ganz allgemein die Firma als Erfinder der Konstruktionen, bei welchen vermutlich immer mehrere zusammengewirkt haben, so daß ein einzelner Name überhaupt nicht genannt werden kann. Allgemein aber nur die ausführende Firma zu nennen, nicht den Autor, scheint mir ungerecht.

In der früheren Auflage war ich bemüht, tunlichst alle Firmen zu nennen, welche einen bestimmten Apparat liefern, insbesondere auch kleinere Firmen. In neuerer Zeit liefert aber fast jede Firma jeden Apparat, so daß diese Rücksichtnahme unnötig erschien. Der Physiker hat auch kein besonderes Interesse daran, kleine Firmen zu unterstützen; es ist wichtiger, daß leistungsfähige Firmen entstehen, welche einen genügenden Umsatz haben, um sich vollkommene Spezialmaschinen und tüchtiges Personal zu beschaffen, namentlich aber auch ein Versuchslaboratorium, wo unter Leitung einer akademisch gebildeten Kraft beständig an Verbesserung der Konstruktionen gearbeitet wird. Daß dabei die Apparate etwas teurer werden, ist ein geringeres Übel als das, daß durch viele kleine Werkstätten eine Unmasse minderwertiger Apparate verbreitet wird, die dem Unterricht mehr schaden als nützen.

Karlsruhe, im Mai 1904.

O. Lehmann.

Bemerkung: Ob die in dem Kataloge einer Firma enthaltenen Apparate von dieser selbst angefertigt oder nur in den Handel gebracht werden, wurde nicht näher untersucht, da es für den Käufer wenig Interesse hat. Es sei aber darauf hingewiesen, daß schon Fälle vorgekommen sind, in welchen von Firmen patentierte Apparate geliefert wurden, zu deren Herstellung sie nicht berechtigt waren, und daß nach dem Patentgesetz nicht nur die Fabrikanten, sondern auch die Zwischenhändler und die Gebraucher von solchen Falsifikaten straf- und haftbar sind. Beim Bezug eines Apparates dürfte es sich somit, um Unannehmlichkeiten zu vermeiden, empfehlen, nähere Erkundigung einzuziehen, ob die Firma zur Lieferung berechtigt ist.

Inhaltsverzeichnis des ersten Bandes.

Erste Abteilung.

Die Räume eines physikalischen Instituts und deren bauliche Einrichtung, sowie Anleitung zum Gebrauch dieser Einrichtungen.

Erstes Kapitel.

Zweites Kapitel.

Drittes Kapitel.

Viertes Kapitel.

Fünftes Kapitel.

Erster Teil.

Die Räume eines physikalischen Instituts und deren bauliche Einrichtung

sowie

Anleitung zum Gebrauch dieser Einrichtungen.

Erstes Kapitel.

Über physikalische Demonstrationen und das Institutgebäude.

John Tyndall, dessen anregende, mustergültige Vorlesungen über Experimentalphysik[1]) ganz wesentlich zur Verbreitung physikalischer Kenntnisse und zur richtigen Würdigung der Physik in weiteren Kreisen beigetragen haben, betrachtet als Hauptwirkung und erstes Ziel des physikalischen Unterrichts die Schärfung des Beobachtungsvermögens und die Anleitung zu konsequentem Nachsinnen über das Gesehene, sowie zu strenger Prüfung der gezogenen Schlüsse durch das Experiment. Über die Ausführung von Demonstrationen äußert er sich wie folgt[2]):

„Bei dieser Gelegenheit möge es mir gestattet sein, den Lehrern der Naturwissenschaften in öffentlichen und Privatschulen ans Herz zu legen, daß das Schicksal dieser Wissenschaften, eines der wichtigsten Zweige der Erziehung, nahezu ihnen allein anheimgegeben ist. Ich wünschte in ihnen die Überzeugung wachrufen zu können, daß es ein Mißgriff sei, der Anschaffung kostspieliger Apparate ihr Augenmerk zuzuwenden. Ihr Hauptbestreben soll dahin gerichtet sein, Liebe zu naturwissenschaftlichen Studien in der Jugend zu erwecken. Dies wird jedoch am sichersten dadurch erzielt, daß man derselben alle wichtigeren Erscheinungen und Gesetze mittels der allereinfachsten Vorrichtungen unmittelbar vor die Augen führt und ihr gleichzeitig das Selbstexperimentieren ermöglicht.

Durch das Erdenken der allereinfachsten Hilfsmittel hierzu erlangt zugleich der Lehrer selbst eine Sicherheit und Herrschaft über seinen Gegenstand, die er sich auf andere Weise nie anzueignen imstande ist; die Leiter unserer Schulen sollten jedoch auch wohl wissen, daß es unerläßlich ist, nicht nur zur Erfindung solcher Vorrichtungen, sondern auch zum Experimentieren mit denselben Lehrern die erforderliche Zeit einzuräumen. Kein Lehrer der Physik kann sich je an seinen Vortrag wagen, ohne unmittelbar vorher seine diesbezüglichen Vorrichtungen wohl geprüft zu haben. Seine Experimente bilden einen Teil seiner Sprache und müssen gleich den gesprochenen Worten vollkommen logisch und frei von Stottern dem Auditorium

[1]) „Die Wärme" (herausgegeben von H. Helmholtz und G. Wiedemann), „Der Schall" (herausgegeben von H. Helmholtz und G. Wiedemann), „Das Licht" (herausgegeben von G. Wiedemann). Braunschweig, Fr. Vieweg u. Sohn, 1867, 1874, 1876. — [2]) Tyndall, „Vorträge über Elektrizität", Wien, Hartlebens Verlag, 1884 (übersetzt von v. Rosthorn), S. 141.

geboten werden. Sollen sie diesem entsprechen, so erfordern sie einen Zeitaufwand, welchen ihnen die Leiter der Schulen nicht gern gönnen; dies ist jedoch ein notwendiger Aufwand, und sie werden klug handeln, diesem Umstande Rechnung zu tragen!"

Diese Äußerungen Tyndalls erscheinen sehr beachtenswert, doch möge man ja nicht etwa, wie es häufig geschieht, unter einfachen Apparaten kleine Apparate verstehen, oder unter komplizierten teuere. Die Handhabung kleinerer Apparate ist allerdings bequemer, und insofern sind sie einfacher, die Hauptsache aber ist, daß die zu demonstrierende Erscheinung möglichst einfach und deutlich, nicht gestört durch alle möglichen Fehlerquellen, leicht übersehbar und leicht begreiflich zum Ausdruck kommt.

Bei kleinen Apparaten wird häufig die zu demonstrierende Erscheinung durch eine Menge begleitender Nebenerscheinungen, plumpe Stative, Auftreten von Reibungswiderständen, Wärmeverluste, Undichtigkeiten u. s. w., fast vollständig verdeckt, wenn nicht allerlei komplizierte Vorkehrungen zur Vermeidung dieser Störungen getroffen, langwierige Korrektionsrechnungen ausgeführt und sehr feine, diffizile Meßvorrichtungen angewendet werden, deren genauere Erklärung erst in späteren Abschnitten gegeben werden kann. Sehr häufig kann auch die Erscheinung überhaupt nur sichtbar gemacht werden unter Benutzung des Projektionsapparates, d. h. im verdunkelten Zimmer, womit der Überblick über den ganzen Versuch für die Zuhörer verloren geht.

Das Bestreben des Lehrers muß deshalb stets darauf gerichtet sein, große, weithin sichtbare Apparate zu gebrauchen, bei welchen die genannten Komplikationen wegfallen und die Fehler relativ so gering sind, daß sie für den beabsichtigten Zweck vernachlässigt werden können. Sache der praktischen Übungen im Laboratorium nach Behandlung des gesamten Stoffes in der Vorlesung ist es, den Gebrauch kleiner Apparate mit allen Feinheiten der Meßmethoden zu lehren [1]). Große Apparate sind freilich teuerer als kleine, indes werden die Kosten bei Beschränkung auf das Einfachste nicht unerschwinglich [2]).

Tyndalls Bücher geben eine Menge mustergültiger Beispiele von Demonstrationen in großem Maßstabe, bei welchen höchst primitive, selbst gezimmerte Einrichtungen Verwendung finden können. Kann man mehr aufwenden, um so besser. Große Apparate sind an sich effektvoll, aber Apparate mit goldglänzend lackierten Messingschrauben, schön polierten Stahl- und Holzteilen, kristallklaren Glas-

[1]) Auch hierbei verdienen übrigens einfache Apparate den Vorzug. (Man sehe darüber: Quincke, „Eine physikalische Werkstätte", Z. 5, 113, 1892 und 7, 57, 1898.) Doch können hier — im Gegensatz zu den Demonstrationen im elementaren Unterricht, wobei es z. B. untunlich ist, zu Messungen der thermischen Ausdehnung die erst viel später zu behandelnde Interferenz des Lichtes beizuziehen — alle möglichen Methoden benutzt werden, eben weil die Erscheinungen, auf welche sie sich gründen, in der vorangegangenen Vorlesung bereits demonstriert und erklärt worden sind. Völlig verkehrt wäre es aber, wollte die Vorlesung direkt eine Anleitung zu den Übungen geben. Kohlrauschs vortrefflicher „Leitfaden d. prakt. Physik" beispielsweise wäre als Leitfaden für eine Vorlesung über die Grundzüge der Physik nicht zu gebrauchen. Vergl. auch Noack, Z. 15, 129, 1902. — [2]) Uhlich (Progr. Grimma, 1897) warnt mit Recht vor der Anschaffung sogenannter Universalapparate, d. h. von Apparaten, deren Teile, „nach beliebiger Wahl verbunden, verschiedene Versuche zu machen erlauben". Am konsequentesten ist dieses Prinzip durchgeführt von Franz Weyde (Anleitung zur Herstellung physik. und chem. Apparate mit möglichst einfachen Mitteln, Wien 1882). Nach eben derselben Richtung hin bemerkt Bertram (Progr. Bielefeld, 1887): „Die Kabinette könnten mit viel geringeren Kosten besser ausgestattet werden, wenn die Anfertiger der Apparate für Schulen sich dazu herbeilassen wollten, nicht jede Nummer für sich allein, sondern mehr das Kabinett als Ganzes bei der

linsen u. dergl. wirken mächtig ein auf das so empfängliche Gemüt der Jugend und erzeugen ein lebhaftes Verlangen, nicht nur die nähere Zusammensetzung des Apparates selbst, sondern auch seinen Zweck, also die dadurch nachzuweisende Naturerscheinung, kennen zu lernen. Mangelnde Anregung durch den Vortrag kann zum Teil ergänzt werden durch das Interesse, welches der Apparat an sich erweckt, und wenn hierzu noch sorgfältige pädagogische Behandlung des Gegenstandes hinzutritt, bedächtiges Voranschreiten, sorgfältiges Sondieren nach irrigen Auffassungen, häufige Wiederholung, aber in stets geänderter Form, so dürfte wohl das erstrebte Ziel in jedem Falle aufs beste erreicht werden [1]).

Ebenso wie der Apparat soll auch die Einrichtung des Lehrsaals tunlichst einfach sein oder richtiger scheinen.

Zur Anstellung der elementarsten Versuche [2]) erscheint jedes Zimmer in gleicher Weise geeignet. An der Volksschule genügt daher für den physikalischen Unterricht ein gewöhnlicher Lehrsaal, in welchem vor dem Pult des Lehrers ein transportabler kleiner Tisch zur Aufnahme der Apparate aufgestellt wird. Zum Aufbewahren der letzteren dient ein großer, gut schließender, gewöhnlich in dem allgemeinen Sammlungszimmer für Lehrmittel aufgestellter Schrank.

Bei dem ausgedehnteren physikalischen Unterrichte an Mittelschulen würde eine große Zahl von Experimenten unausführbar oder wenigstens mit ganz unverhältnismäßigem Zeitaufwande verbunden sein, wenn nicht ein besonderes hierzu passend ausgestattetes Lehrzimmer zu Gebote stände. Außerdem macht schon die Menge der Apparate ein besonderes Sammlungszimmer nötig.

Der Lehrsaal sei frei von unnötigen Dekorationen, auffällig hervortretenden Rohrleitungen, Transmissionen, elektrischen Leitungen und Schalttafeln, namentlich aber auch von Sammlungsschränken. Aufstellung von Schränken im Schulzimmer ist schon des Staubes und der Feuchtigkeit halber höchst unzweckmäßig, sodann aber namentlich aus pädagogischen Gründen.

Wohl hört man zuweilen, sogar von Lehrern, die Ansicht, Aufstellung der Apparate im Lehrzimmer in Glasschränken müsse sehr vorteilhaft sein, weil die Schüler dadurch Gelegenheit hätten, die Apparate tagtäglich zu sehen und sich dieselben so recht scharf und deutlich ins Gedächtnis einzuprägen. Die Erfahrung lehrt aber genau das Gegenteil. Zuerst wird nämlich der Apparat, weil ohne begleitende

---

Bearbeitung ins Auge zu fassen. Wie mancher Teil, der bei mehreren Apparaten identisch ist, brauchte dann nur einmal angeschafft, wie manches Stativ könnte erspart werden." Uhlich hält dies für eine unangebrachte Sparsamkeit, denn was an Kosten erspart wird, wird an Zeit verloren; dann aber auch werden solche Zusammenstellungen sehr leicht dazu führen, daß irgend ein Teil, ein Arm, eine Schraube ohne Grund am Apparat bestehen bleibt, so daß man gerade um der gewissenhafteren Schüler willen die Bemerkung machen möchte: „Dies Stück habt ihr euch wegzudenken, es gehört nicht hierher." — [1]) Uhlich (l. c.) sagt: „Was aber die sogenannten »billigen« Apparate betrifft, so ist freilich dafür jetzt reiches Angebot vorhanden. Auch für die Mechaniker ist bereits die Konkurrenz groß und diese Konkurrenz drückt die Preise. Durch mancherlei bittere Erfahrungen erkennt man aber sehr bald, daß man durch Ausschau nach dem Billigen meist nur Unbrauchbares erhält." „An den physikalischen Instrumenten", sagt Nagel, „darf nicht gespart werden, sie müssen, wenn auch nicht elegant, so doch genau und solid gearbeitet sein, damit nicht der Versuch mißlinge und der Lehrer, dem von dem unerfahrenen Schüler die Schuld zugeschrieben wird, sich in seinen Augen lächerlich mache." — [2]) Siehe J. Fricks Anleitung zu physikalischen Versuchen in der Volksschule, bearbeitet von F. X. Lehmann. Braunschweig, Fr. Vieweg und Sohn.

Erklärung, nur oberflächlich betrachtet, die nicht durch Verständnis des Zweckes verbundenen Einzelvorstellungen haften nur lose im Gedächtnis und eine Reproduktion des Gesamtbildes wird unmöglich; dagegen ist der Reiz des Neuen verschwunden, und wenn dann schließlich der Apparat im Unterrichte vorgeführt wird, bleibt der Schüler gegen den oft gesehenen Gegenstand gleichgültig und damit auch gegen die Erklärung, d. h. die Hauptsache, falls nicht der Vortrag ein ganz ausgezeichneter ist. Nur wenn der Apparat als ganz neuer Gegenstand vorgeführt wird (ich betrachte selbst das Aufstellen der Apparate im Lehrzimmer vor Beginn der Unterrichtsstunde als schädlich), wenn dann Teil für Teil in stetiger logischer Folge und, ohne zu eilen, deutlich erklärt wird, arbeitet der Schüler geistig mit, und es erzeugt sich mit Sicherheit ein klares, fest haftendes Bild des Gegenstandes und der Erscheinung, dessen einzelne Vorstellungen, durch Ideenassociation verbunden, dem Gedächtnisse nicht oder nur schwer wieder entschwinden. Die Befriedigung über solche durch eigene geistige Tätigkeit gewonnene neue Erkenntnis erregt Lust und Liebe zur Wissenschaft, und damit ist der Erfolg des Unterrichts gesichert.

Auch wenn der Lehrsaal Gegenstände enthält, die mit dem Unterrichte nicht in direkter Beziehung stehen, wird, namentlich während der weniger spannenden Unterrichtsstunden, die Aufmerksamkeit des Schülers zerstreut und beschäftigt sich unwillkürlich mehr mit den Gegenständen, die seine Phantasie zufällig mehr anregen als der behandelte Unterrichtsstoff.

Ein ausgedehntes elektrisches Schaltbrett von Marmor mit großen Schalthebeln u. s. w., welches im Maschinenraum einer elektrischen Zentrale ganz am Platze ist, gehört nach meiner Auffassung nicht in ein physikalisches Auditorium.

Schaltvorrichtungen sind freilich nicht zu entbehren, sie sollen aber tunlichst verborgen und nicht in aufdringlicher Form ausgeführt sein.

Wenn irgend tunlich, muß zwischen Lehrzimmer und Sammlung ein Vorbereitungszimmer sich anschließen, in welchem die Möglichkeit geboten ist, die Apparate in Ruhe vor dem Unterrichte, je nachdem es die Zeit gestattet, in stand zu setzen, sie nach dem Gebrauche zu zerlegen, zu reinigen, zu reparieren und überhaupt unterzubringen, bis es möglich ist, sie sauber und gebrauchsfertig in die Sammlung zurückzustellen.

Nebenbei verhindert die Zwischenschaltung dieses Raumes das lästige und schädliche Eindringen von Staub in die Sammlung und ermöglicht, einen Schrank mit Chemikalien aufzustellen, der selbstverständlich der Ausdünstungen halber in der Sammlung keinen Platz finden darf.

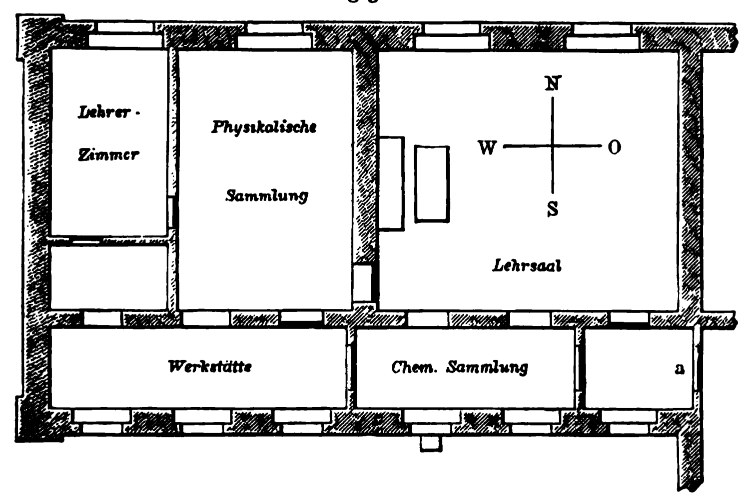
Recht bequem ist es endlich, wenn sich hieran weiterhin ein Arbeitszimmer für den Lehrer anschließt, in welchem sich eine kleine Bibliothek, eventuell auch ein Mikroskoptisch aufstellen läßt, eine Werkstätte, Laboratoriumsräume mit Dunkelzimmer und, falls der Ort keine elektrische Zentrale besitzt, ein Maschinenraum u. a.

Selten freilich wird ein Lehrer der Physik in der Lage sein, alle seine Wünsche bezüglich der Räumlichkeiten befriedigen zu können. Meist wird er sich genötigt sehen, vorhandene Räume, so gut es geht, für seine Zwecke auszunutzen. Beispielsweise zeigt Fig. 1 den Grundriß des physikalischen Kabinetts der Mittelschule in Mülhausen, wie ich es im Jahre 1876 durch Einziehen mehrerer Scheidewände aus zwei Lehrzimmern und einem Stück Korridor eingerichtet hatte [1]).

[1]) Zweckmäßiger wäre es, wenn N und S umgekehrte Lage hätten. Für Werkstätte und chemisches Laboratorium ist die Nordseite wesentlich günstiger, für den Lehrsaal die

Die Anordnung, welche nach mehrjährigen Erfahrungen als zweckmäßig empfohlen werden kann, hatte den Vorzug, daß durch einen einzigen Schlüssel mit der Tür *a* das ganze Kabinett abgeschlossen werden kann. Vom Lehrsaal aus sind die physikalische Sammlung, die Werkstätte und die chemische Sammlung leicht zu-

Fig. 1.



gänglich. Physikalische Apparate, die während des Unterrichts gebraucht werden sollen, können im Abzug oder in den Fensternischen zwischen Lehrzimmer und chemischer Sammlung aufgestellt werden. Im ersten Falle sind sie durch die Schiebetafel, im anderen durch die inneren Läden zur Zimmerverdunkelung den Augen der Schüler zunächst entzogen und können, je nachdem sie gebraucht werden, nach und nach hervorgeholt werden.

Liegen physikalischer und chemischer Unterricht in derselben Hand, so kann das Auditorium auch für letzteren verwendet werden. Andernfalls müssen natürlich das physikalische Kabinett und das chemische Laboratorium, sowie auch die beiden Lehrsäle voneinander geschieden werden, denn zwei voneinander unabhängige Experimentatoren können nicht im gleichen engen Raume tätig sein, ohne sich gegenseitig zu stören. Seltene Ausnahmefälle abgerechnet, führt dies zu endlosen, unvermeidlichen Schwierigkeiten und Kollisionen. Besitzt also eine Schule nicht die Mittel, die physikalischen und chemischen Lehrsäle und Sammlungen zu trennen, so liegt die Notwendigkeit vor, demselben Lehrer beide Fächer zu übertragen, was übrigens auch aus dem Grunde zu empfehlen ist, weil bei den engen Beziehungen zwischen Physik und Chemie der chemische Unterricht am besten in den Händen des Physikers liegt.

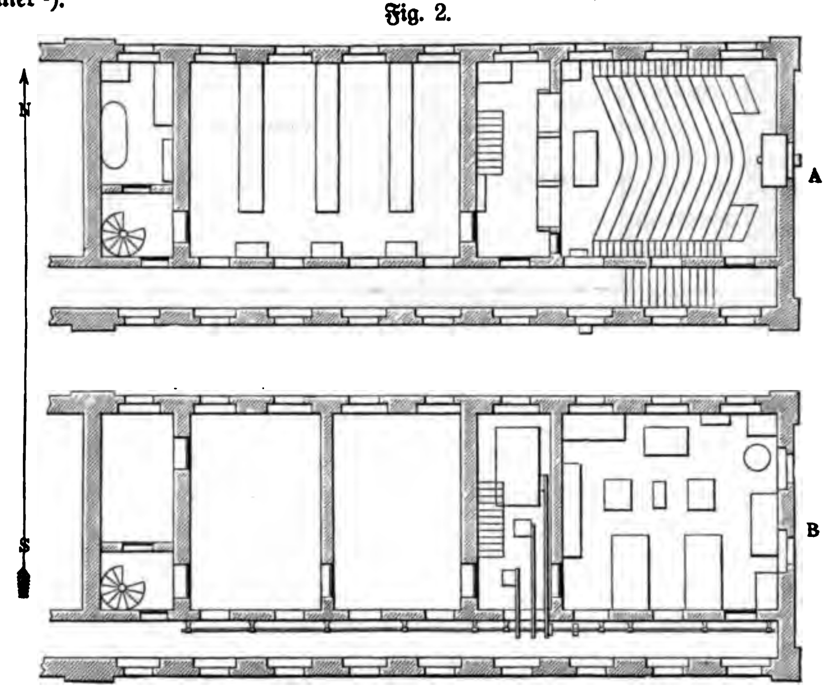
Vollkommener und bequemer als die beschriebene Anordnung der Lokalitäten dürfte die in Fig. 2 skizzierte sein, namentlich, wenn nicht, wie angenommen, *A* und *B* verschiedene Stockwerke darstellen, sondern in gleichem Niveau liegen und der Weg von der Werkstätte nach dem Auditorium nicht zu groß ist.

Die obere Hälfte *A* stellt den Grundriß des ersten Stockwerks dar, die untere

Südseite. Die Zuhörer sollen das Licht von links erhalten. Auch Uhlich (l. c.) gibt der Ost- oder Südlage für das Lehrzimmer den Vorzug. „Was das Blenden des Sonnenlichtes anbelangt, so kann man sich gegen dasselbe durch leichte Vitragen oder dergleichen schützen, andererseits ist aber der Vorteil eines möglichst lichtreichen Zimmers gerade für den Unterricht der Physik sehr hoch anzuschlagen.“

B den Grundriß des Erdgeschosses. Die obere Seite in der Figur ist die Nordseite, die untere die Südseite. In *A* ist das Zimmer rechts der Hörsaal. Darauf folgen der Reihe nach das Vorbereitungszimmer, die Sammlung und das Lehrerzimmer. In *B* ist der erste Raum rechts (unter dem Hörsaal gelegen) die Werkstätte, daran schließen sich an: der Maschinenraum, zwei Laboratoriumsräume und ein Dunkelzimmer [1]).

Fig. 2.



An **Hochschulen** liegen die Verhältnisse wesentlich anders als an Mittelschulen. Die größere geistige Reife der Studierenden, die einfachere Unterrichtsmethode und die wesentlich höheren Geldmittel gestatten dem Dozenten eine fast völlig freie Auswahl der zu gebrauchenden Apparate. Sodann ist die Zahl der Zuhörer eine sehr viel größere. Während an der Mittelschule eine Zahl von 40 Schülern im Physikunterrichte schon zu den Seltenheiten gehört, beträgt die Zahl in Vorlesungen an der Hochschule häufig das Zehnfache und mehr. Immerhin gilt auch für den Hochschulunterricht das pädagogische Prinzip tunlichster Einfachheit und Klarheit der Demonstration, und der Unterschied ist mehr ein quantitativer als qualitativer. Ferner ist für Spezialvorlesungen an der Hochschule neben dem **großen** ein **kleines Auditorium** erforderlich, welches etwa dem einer Mittelschule entspricht und sich in seiner Einrichtung an das große anschließt.

Aus diesem Grunde schien es mir unnötig, dem Mittelschulauditorium ein besonderes Kapitel zu widmen. Ich habe vielmehr stets die Bedürfnisse und Einrichtungen einer Hochschule in den Vordergrund gestellt, und zwar in möglichster Anlehnung an die Verhältnisse in Karlsruhe, die mir aus eigener Erfahrung genau bekannt sind. Da ich stets bestrebt war, das Karlsruher Institut möglichst voll-

[1]) Bei Vertauschung von N und S müßte auch der Korridor auf die entgegengesetzte Seite gelegt werden, falls man Wert darauf legt, daß die Schüler nicht durch Sonnenschein belästigt werden.

kommen auszugestalten, und zwar — schon mit Rücksicht auf die relativ zur Frequenz [1]) bescheidenen zur Verfügung stehenden Mittel — in tunlichst einfacher Weise, so hoffe ich durch diese Anordnung des Stoffes gleichzeitig allen Bedürfnissen einigermaßen entsprochen und jedem Leser die Möglichkeit geboten zu haben, unter der bunten Mannigfaltigkeit dasjenige herauszuwählen, was sich seinen besonderen Ansichten und Zwecken am besten anpaßt.

Da, wo für den Mittelschulunterricht besonders geeignete Apparate existieren oder empfohlen wurden, habe ich diese — an zweiter Stelle — ausführlich beschrieben oder kurz erwähnt, und in dritter Linie wurde auch die „Physik ohne Apparate“, auch „amüsante Physik“ oder „physica pauperum“ genannt, berücksichtigt, weil solche [von B. Schwalbe [2]) als „Freihandversuche“ bezeichnete] Demonstrationen nicht nur an der Elementarschule, sondern auch bei anderen Gelegenheiten verwertet werden können [3]).

Wenn im vorstehenden ganz besonderer Nachdruck auf möglichste „Einfachheit“ des Lokals gelegt wurde, so ist dies, wie schon angedeutet, keineswegs dahin zu verstehen, daß dasselbe möglichst primitiv und billig eingerichtet werden soll.

Gerade die erforderliche Einfachheit der inneren Einrichtung und der Demonstrationen, in Verbindung mit der Notwendigkeit, diese einer großen Zuhörerzahl deutlich sichtbar zu machen, bedingt, daß die Einrichtungen, welche sonst innerhalb des Lokals angebracht werden könnten, nach außen verlegt und große maschinelle Hilfsmittel beigezogen werden, welche in mancher Hinsicht an die Maschinerie eines Theaters erinnern.

Das Karlsruher physikalische Institut, welches vor 40 Jahren gebaut wurde [4]), kann als Muster dienen, wie ein solcher Bau nicht hergestellt werden soll.

Sparsamkeitsrücksichten und andere Gründe hatten dazu geführt, die vortrefflichen Vorschläge des zur Zeit der Erbauung tätigen, in weiten Kreisen als hervorragender Pädagoge hochgeschätzten Physikers Eisenlohr [5]) zu ignorieren und den Bau nach einer allgemeinen Schablone als Teil des Hauptgebäudes auszuführen.

Zunächst hatte dies den Effekt, daß damals jener verdiente Lehrer seinen Abschied nahm, und noch heute, nach bald 40 Jahren, hat der physikalische Unterricht an den Folgen schwer zu leiden.

Ein solcher Bau gehört vor allem nicht an die frequenteste Straße einer Residenz, wenn er auch naturgemäß, wie jeder andere Schulbau, um leicht erreichbar zu sein, nicht zu weit abseits liegen darf. Die Erschütterungen durch den Wagenverkehr, die Störungen durch den Straßenlärm und nicht zum mindesten

[1]) Der Frequenz nach ist Karlsruhe die drittgrößte Hochschule des Deutschen Reiches. Die Gesamtzahl der Studierenden und Hörer beträgt etwa 1800. Physik wird von Studierenden aller Abteilungen gehört. — [2]) Z. 10, 108, 186, 1897. — [3]) Schäffer in Jena unterschied zwischen einer „Zigarrenbrettchenphysik“ und einer „Messingphysik“ und gab ersterer den Vorzug, weil bei der anderen der Anfänger „häufig vor Messing gar nichts sieht“ (Uhlich, l. c., S. 11). Siehe auch Bohn, Physik. Apparate und Versuche einfacher Art aus dem Schäffermuseum, Berlin, Salle, 1902; ferner: Emsmann und Dammer, Des deutschen Knaben Experimentierbuch, Leipzig 1876; Pepper, The boy's book of science, London, Rontledge & Sons; Tom Tit, La science amusante, Paris, Larousse; Donath, Physikalisches Spielbuch, Braunschweig 1902; Rosenberg, Experimentierbuch für den Elementarunterricht, 1899 u. s. w. — [4]) O. Lehmann, Geschichte des physikalischen Instituts der technischen Hochschule in Karlsruhe. Festschrift zum 40jährigen Regierungsjubiläum des Großherzogs. Karlsruhe, Braun, 1892. — [5]) S. G. Kahlbaum, Wilhelm Eisenlohr, Ein Gedenkblatt zu seinem 100. Geburtstag. Karlsruhe, Braun, 1899.

der Staub sind in einem physikalischen Institut höchst unwillkommen. Die Nähe großer Stallungen mit ihren Schwärmen von Fliegen, welche ruhige Arbeit hindern, sich auf den beweglichen Teilen feiner Instrumente schaukeln lassen oder bei Projektionen, durch das Licht angelockt, in tausendfacher Vergrößerung durch das Gesichtsfeld spazieren, ist ebenfalls zum mindesten nicht angenehm. Kommt dazu noch die Störung durch den elektrischen Betrieb der Straßenbahn, welcher alle Magnetnadeln beständig in unregelmäßiger Weise tanzen läßt, und weiter eine Menge von Reklamationen von Kollegen, welche in einem unmittelbar darunter befindlichen Auditorium zu unterrichten haben und durch geräuschvolle Experimente oder Vorbereitungen zu solchen in ihrer Tätigkeit gestört werden, so ist schon durch diese scheinbar nebensächlichen Umstände die Tätigkeit des Physikers sehr beeinträchtigt.

Die Schwierigkeiten steigen noch bedeutend, wenn auch der Bau an sich ein unzweckmäßiger ist. Wie ein solcher einzurichten ist, vermag nur derjenige zu beurteilen, der selbst Jahre hindurch als Lehrer der Physik in gleicher oder ähnlicher Stellung tätig war, nicht aber ein Architekt, mag er auch als solcher Ausgezeichnetes leisten.

Der Architekt ist in erster Linie Künstler und demgemäß vor allem bestrebt, ein Kunstwerk zu schaffen. So kommt es, daß selbst dann, wenn genügend Mittel zur Verfügung stehen, häufig ein großer Teil derselben zur Herstellung einer großartigen Treppe und Fassade verwendet und das eigentliche Institut — ohne Rücksicht darauf, daß die Wissenschaft beständig fortschreitet und Änderung und Erweiterung der vorhandenen Räumlichkeiten verlangt — in ein monumentales Steinagglomerat eingezwängt wird, an welchem sich nach der Fertigstellung nicht das Geringste mehr ändern läßt. Mag auch in den Augen des Künstlers, welchem Monumentalbauten alter Griechen[1]) und Römer u. dergl. Vorbild sind, in welchen keine Experimentalphysik getrieben wurde, der Bau vortrefflich sein, so wird der Physiker doch einen einfachen Fabrikbau, welcher sich jederzeit ändern und erweitern läßt, vorziehen.

[1]) Nach der Täglichen Rundschau vom 2. September 1896 äußerte sich Oberbaurat Prof. Schäfer in einem in Berlin gehaltenen Vortrage bezüglich der Architektur in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts: „In der sogenannten »höheren« Architektur herrschte die griechische Maskerade, denn man hatte jetzt die griechischen Bauformen besser kennen gelernt. Aber das griechische Tempelschema wollte doch gar nicht den Anforderungen einer neuen Zeit sich anpassen. Ganz besonders machte es den Künstlern in ihrem unnatürlichen Streben viel Kopfschmerzen, daß der Tempel, nach dem sie doch arbeiten wollten, keine Fenster hatte. Das ehemalige Palais Radziwill, das jetzt abgebrochen ist, sollte ein Tempelbau werden. Da man ihn aber zweistöckig wünschte, wurde der erste Stock als Unterbau, gleichsam als Stufe behandelt. Selbstverständlich erhielt er keine Fenster. Das frühere Steuerhäuschen in Potsdam an der Langen Brücke sollte ebenfalls ein Tempelbau sein. Die Beamten mußten daher zufrieden sein, daß sie zu ihrer Arbeit wenigstens vom Dache aus durch Glasziegel etwas Licht erhielten. Auch die Berliner Hauptwache ist in dieser Beziehung sehr interessant. Während die Vorderseite von einer Tempelfassade in echt griechischem Stil gebildet wird, ist der Raum mit den Wachtstuben ein stilloser Anbau. Man konnte selbstverständlich dabei nicht in Griechisch fortfahren. Auch an der Nationalgalerie, wo man mit den Mitteln griechischer Architektur arbeitete, kann man einen Widerspruch zwischen Wesen und Form erkennen." Sein Urteil über die heutige Baukunst faßte der Vortragende nach dem Referat in die Worte: „Namenlos traurig." „Die Türen zu den vielbenutzten Wartesälen werden genau so groß gemacht wie die Eingänge zu Räumlichkeiten, die nur alle drei Tage einmal ein Mensch aufsucht, so daß der Reisende sehr häufig lange suchen muß. Es muß »alles egal« sein ..."

Die äußere Dekoration wird zweckmäßiger durch einen Park mit schattigen Bäumen und hübschen Anlagen bewirkt, um so mehr, als die Verteilung der Räumlichkeiten in mehrere Stockwerke, um zeitraubendes Treppensteigen, Aufwinden schwerer Apparate durch Aufzüge u. dergl. unnötig zu machen, tunlichst vermieden werden soll, somit eine prunkvolle Fassade überhaupt nicht angebracht werden kann.

Granitharte Quadersteine als Material für den Bau geben dem Ganzen allerdings etwas Imposantes und sind dauerhaft. Allein das Werk ist nicht, wie eine ägyptische Pyramide, für die Ewigkeit bestimmt — ändern sich doch die Bedürfnisse der Physik von Jahr zu Jahr —, sehr wichtig ist es dagegen, daß man mit Leichtigkeit neue Apparate an den Mauern befestigen und Löcher für Leitungen bohren kann, was am leichtesten bei Backsteinbauten zu ermöglichen ist. Vielleicht wäre sogar in Erwägung zu ziehen, ob nicht wenigstens ein Teil der Wände und Decken aus Holz — etwa an einem Eisengerippe befestigt — hergestellt werden könnte, denn das Durchbohren von Steinwänden und vergipsten Decken mit Schutteinlage verursacht stets durch den erzeugten Staub die unangenehmsten Störungen. Holz ist allerdings an sich feuergefährlich, doch hat man in neuerer Zeit Methoden der Imprägnierung [1]) gefunden, die anscheinend die Gefahr auf ein Minimum reduzieren.

Die schalldämpfende Wirkung ausgefüllter Decken und dicker Wände ließe sich wohl dadurch erreichen, daß man den Wänden eine Füllung mit imprägnierter Holzwolle, Schlackenwolle oder dergleichen gäbe.

Nachteilig ist freilich die Eigentümlichkeit des Holzes, beständig zu „arbeiten", sich zu „werfen", zu „schwinden" u. dergl., während steinerne Wände absolut fest sind und somit ermöglichen, Apparate oder Teile von solchen in unverrückbarer Stellung zu befestigen. Aus diesem Grunde würde es nötig sein, das eigentliche Gerippe des Baues aus Eisen herzustellen, und zwar in solcher Façon, daß sich daran leicht eiserne Träger, Konsolen u. dergl. zum Aufstellen von Apparaten durch Schrauben, Schraubzwingen oder andere Klemmvorrichtungen befestigen lassen.

Mißlich ist auch feuchte Lage des Instituts, welche nicht nur Rosten der Apparate zur Folge hat, sondern auch zur Bildung von Hausschwamm und anderen Pilzvegetationen führen kann, welche Holzkonstruktionen zerstören [2]).

---

[1]) Beispielsweise liefert die Firma Hülsberg u. Co. in Charlottenburg unverbrennbar imprägniertes Holz für alle möglichen Holzkonstruktionen, sowie für Mobiliar, und eine für jede Holzart sich eignende feuersichere Anstrichfarbe; van Baerle u. Sponnagel, Berlin N, Hermsdorferstr. 8, liefern eine Anstrichfarbe zum Schutz gegen Flammenentfaltung; die Deutsche Asbest-Gesellschaft, Duisburg: Asbestic, feuersicheren Verputz für Eisenkonstruktion, Holzbauten u. s. w.; Friedrich Euling, Vereinigte Gipswerke, Ellrich a. H., Hartgipsdielen; die Isoliermittel- und Terralith-Fabrik Nürnberg, C. u. E. Mahla, Korksteine; ebenso Nafzger u. Rau, Hamburg, Billwärder a. B.; Rheinhold u. Co., Hannover; A. Haacke u. Co., Celle. Schüchtermann u. Kremer, Dortmund, liefern Streckmetall, welches sich mit Gips überziehen läßt u. s. w. — [2]) Als Mittel dagegen wird Anstrich mit Mikrosol empfohlen, zu beziehen von den Farbenfabriken von Rosenzweig u. Baumann in Kassel; Paul Haacke, Bautechnisches Bureau, Goslar a. H., liefert zu gleichem Zwecke Schwammolin (geruchlos); Dr. H. Zerener: Antimerulion; die Farbenfabrik vormals Friedr. Bayer u. Co., Elberfeld: Antinonnin. Die Gesellschaft für Hasselmannsche Holzimprägnierung, Berlin N., Friedrichstr. 131 c, imprägniert Holz gegen Fäulnis. A. W. Andernach, Beuel a. Rh.; Deutsche Kunststeinwerke, Berlin, Fruchtstr. 1; R. Stumpf, Leipzig-Plagwitz 25; Allut Noodt u. Meyer, Berlin SW., 48 u. a. liefern wasserundurchlässige Isolierpappen u. s. w.

Nach Schlegel[1]) soll bei neuen Mittelschulbauten eine Kommission von Physikern zugezogen werden, in welcher der Lehrer einen Rückhalt findet.

Man kann hierüber verschiedener Meinung sein. Zweckmäßiger wäre vielleicht eine Kommission physikalisch gebildeter Ingenieure (Elektrotechniker).

Für noch besser würde ich eine Verordnung halten, welche, wie schon angedeutet, technische Ausbildung für jeden Lehrer der Physik obligatorisch macht, so daß er mit vollem Rechte beanspruchen kann, seitens der Behörden nicht nur als Lehrer, sondern auch als technischer Sachverständiger betrachtet zu werden.

Zweites Kapitel.

Das große Auditorium.

1. Die Architektur des Hörsaals. Es sei nochmals daran erinnert, daß das Innere des Hörsaals möglichst einfach, frei von überflüssigen Dekorationen, Wandschränken, Schaltbrettern u. dergl. sein muß. Es wird mit heller Farbe angestrichen, um möglichst viel Licht zu erhalten.

Manche Auditorien, sogar in neuester Zeit hergestellte, leiden unter dem Übelstand, daß sie zu breit sind, so daß die seitlich sitzenden Zuhörer nur in sehr schräger Richtung auf die Tafeln sehen können und durch den Glanz derselben geblendet werden.

Vollkommen verfehlt ist auch, wie es in Karlsruhe geschehen, in das Auditorium eine Nische einzubauen, welche zur Aufnahme des Experimentiertisches bestimmt ist (vgl. Fig. 3). Gerade auf dem Experimentiertisch muß die größte Helligkeit vorhanden sein, derselbe darf also nicht in eine fensterlose Nische gestellt werden.

Vielleicht war die Ansicht des Architekten, es sei zweckmäßiger, wenn die Apparate ausschließlich Licht von vorn, nicht von der Seite bekämen. Indes sind die Fenster zu weit entfernt, und die Zuhörer werden durch die Helligkeit derselben geblendet. Der Zuhörerraum sollte stets dunkler gehalten werden als der Experimentierraum. An manchen Orten ist Oberlicht eingeführt. Da der Raum über dem Auditorium zu anderen Zwecken nötig ist, dürfte es aber schon aus diesem Grunde nicht zu empfehlen sein, abgesehen von der ungewohnten Licht- und Schattenverteilung.

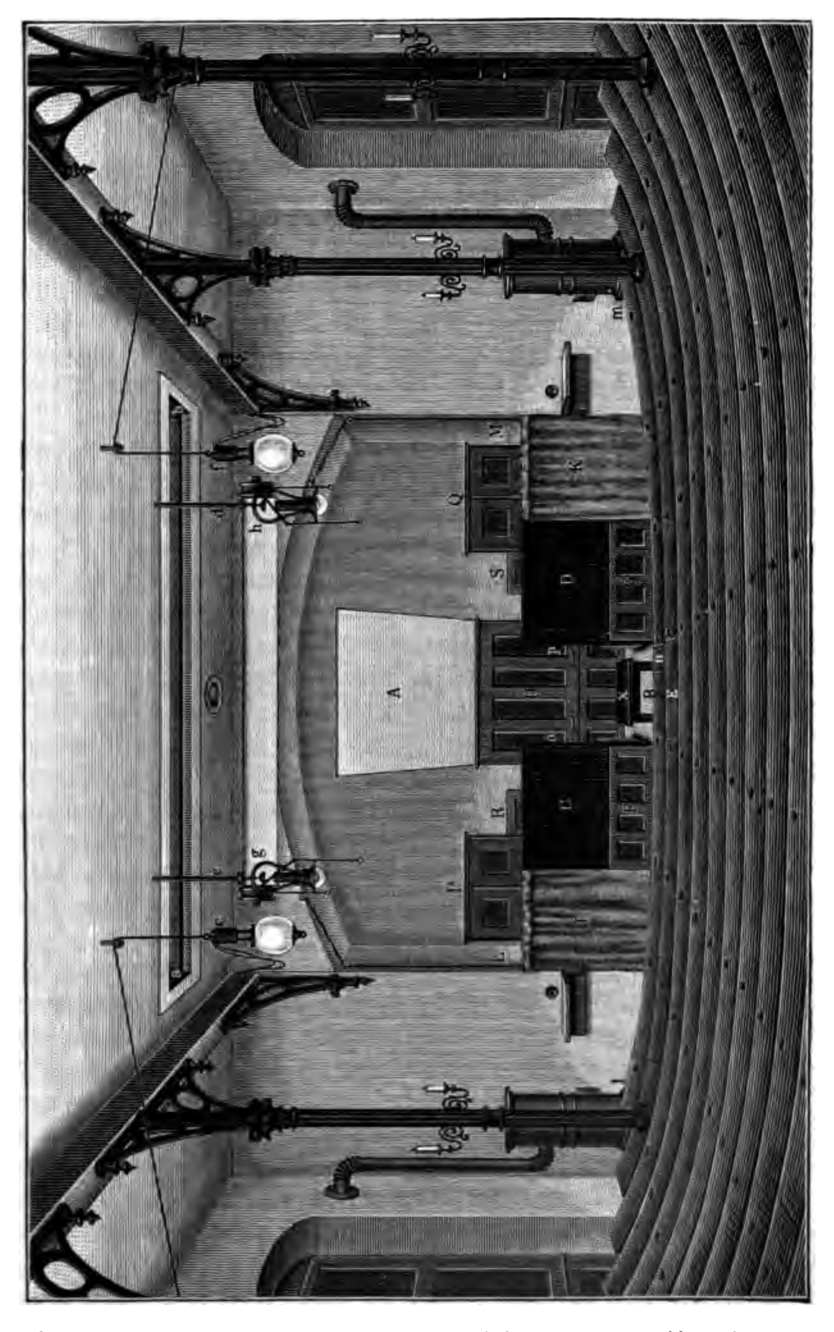
Ganz besonders schlimm bei der erwähnten Anordnung ist es ferner, daß sich auch die Tafeln im Hintergrunde der Nische befinden, so daß das Geschriebene naturgemäß, namentlich an trüberen Tagen, nur in nächster Nähe zu sehen ist.

Aus diesem Grunde habe ich unmittelbar nach meinem Dienstantritt den vorhandenen nach Art der Verkaufstische in Ladengeschäften hergestellten Experimentiertisch *FG* (Fig. 3) in der Mitte zerschneiden und die Tafeln *C* und *D* darauf anbringen lassen, zwischen welche, wenn der Platz nicht reichte, noch eine dritte Tafel eingeschoben werden konnte. Die Rückseite der Tafeln diente zur Aufnahme von Rheostaten. Zu beiden Seiten in der Mitte waren kleine Schaltbretter befestigt. Als Experimentiertisch wurde nunmehr nur der kleine Tisch x gebraucht (0,85 m lang, 0,58 m breit und 0,80 m hoch). Die kleineren Apparate, welche bei der Vorlesung gebraucht werden sollten, standen in der richtigen Reihenfolge geordnet hinter den Schreibtafeln *C*, *D* und wurden durch den im Hintergrunde wartenden Gehilfen im passenden Augenblick vorgereicht oder wieder zurückgestellt. Größere Apparate

[1]) Z. 10, 202, 1897.

wurden hinter den Vorhängen *I* und *K* aufgestellt. Nur einzelne sehr große Gegenstände wurden (in einiger Entfernung vom Experimentiertische) schon vor dem Vortrage aufgestellt, und zwar möglichst so, daß sie den Ausblick auf die Tafeln *C*, *D* und den Experimentiertisch nicht hinderten.

Fig. 8.



Ich hatte diesen Tisch mehrere Jahre in Gebrauch, mußte ihn aber schließlich, da sich der Experimentierraum als zu klein erwies, ebenfalls aufgeben. Aus

gleichem Grunde mußten die Tafeln *C* und *D* mit ihren Untersätzen *F* und *G*, sowie die Vorhänge *I* und *K* entfernt werden. Die Schaltbretter wurden an den Wänden *L* und *M* befestigt, die Tafeln an Stelle der Kästen *R* und *S* und des Abzugs *H*, welcher letztere in einen Durchgang verwandelt wurde. Die Tafeln bedecken nun die ganze Wandfläche zwischen den Türen *P* und *Q*. Der Abstand bis zur vordersten Bank beträgt 4,5 m, der Abstand von *L* bis *M* ist 8 m und der Abstand der Wände, in welche die Ofenröhren münden, 13 m. Schließlich wurden auch noch die Öfen *l*, *m* entfernt und an der Rückseite des Saales aufgestellt.

Der so gewonnene Experimentierraum von etwa 46 qm Fläche ist im allgemeinen ausreichend, doch ist, wie bemerkt, die nischenartige Ausbildung desselben störend, namentlich insofern die Tafeln nicht genügende Helligkeit erhalten.

2. **Die Tafeln.** Auch die Dimensionen der Tafeln waren vollkommen unzureichend und konnten auch, mangelnden Raumes wegen, nicht auf das richtige Maß vergrößert werden. Sie wurden neuerdings als Schiebe-Doppeltafeln ausgeführt, von denen sich jede Hälfte unabhängig von der anderen auf- und abschieben läßt. Die Breite einer jeden sollte 2 m betragen, die Höhe so viel, daß man die obere Kante eben noch bei ausgestrecktem Arm erreichen kann. Ist eine der unteren Tafeln beschrieben, so wird sie in die Höhe geschoben und dafür die obere herabgezogen. Die Möglichkeit dieser Schiebung beruht darauf, daß jede Tafel seitlich in zwei Schienen geführt ist und durch in der Wand verborgene Gewichte, welche an Schnüren wirken, die an den beiden oberen Ecken der Tafel befestigt sind und über Rollen laufen, gerade balanciert ist. Die untere Tafel steht natürlich gegen die obere etwas zurück. Die Anwendung so vieler Tafeln hat den großen Vorteil, daß man nicht genötigt ist, einmal Geschriebenes wieder auszulöschen, wodurch nachträgliches Zurückkommen auf die Zeichnung oder Rechnung erschwert wird, und daß nicht durch das häufige Abwischen die Tafel so sehr verunreinigt wird, daß die neue Schrift kaum mehr zu sehen ist. Abgesehen hiervon bietet ja auch eine schön schwarze [1]) Tafel mit reinen Kreidestrichen ein weit gefälligeres und ordentlicheres Aussehen als eine mit Kreideschlamm unregelmäßig beschmierte.

Hinter den Tafeln ist die Mauer durchbrochen. Die Pfeiler zwischen den drei Abteilungen sind so breit, daß die Gewichte für die Tafeln darin bequem Aufnahme finden, zumal da auch noch eine Reihe von Röhrenleitungen und elektrischen Leitungen darin Aufnahme finden müssen.

In dem Gesimse über jeder Tafel habe ich ein Rouleau aus starker grauer Leinwand anbringen lassen, welches herabgelassen wird, wenn die Tafeln nicht gebraucht werden, da auf solch grauem Hintergrunde die meist dunkel angestrichenen Apparate deutlicher erkennbar sind als vor den schwarzen Tafeln.

Hinter der mittleren Tafel ist auf der Rückseite die Mauer mit einer Tür abgeschlossen. Sind beide Tafeln in die Höhe gezogen, so ist die Türöffnung frei und kann als Durchgang zum Heranschaffen der Apparate an den Experimentiertisch benutzt werden. Nischen hinter den Seitentafeln könnten als Wandschränke zur Aufbewahrung von allerlei Utensilien dienen, wie sie auch im Vorbereitungs-

[1]) Die Anstreicher verwenden nicht immer zweckmäßige (tief schwarze, nicht spiegelnde) Farbe. Um dieselbe rauh zu machen, damit die Kreide besser haftet, wird gewöhnlich Schmirgel zugesetzt. Es empfiehlt sich, die Tafeln von einer Firma zu beziehen oder streichen zu lassen, welche besondere Erfahrung darin besitzt, z. B. von Franciskus Hoffmann, Wandtafelfabrik, Leipzig, Kochstraße.

zimmer aufbewahrt werden, aber zum Teil auch stets in der Nähe des Experimentiertisches zur Hand sein sollten, wie Hammer, Zangen, Schraubenschlüssel, Schraubenzieher, Pinzetten, Schmieröl, Putztücher, Schnur, Bindedraht, Schläuche, Verbindungsstücke, Klemmschrauben, verschiedenartige Chemikalien, Alkohol, Säure u. dergl. Ferner könnten hier die Rheostaten angebracht sein, welche in der beschriebenen Anordnung rechts und links an den Mauern der Nische (Fig. 3) befestigt sind, doch so, daß die Regulierungskurbeln sich auf den Pfeilern zwischen den Tafeln befinden, welche entsprechende Breite haben müssen. An diesen Pfeilern sind ferner angebracht: Kästchen für Schwamm und Kreide von verschiedener Farbe[1]), Streichhölzerbüchse, Stockschlüssel zum Öffnen der Hähne und Deckel im Fußboden, Lineal und Zirkel, Maßstäbe, Winkelmesser und Deutestöcke.

An dem Gesimse über den Tafeln sind Haken zum Aufhängen von großen Zeichnungen angebracht. Zum Aufhängen kleinerer Zeichnungen (im Format eines gewöhnlichen Zeichenbogens) verwende ich eine Latte mit zwei vorragenden Stiften, welche in Löcher am oberen Rande der Zeichnung einpassen, die mit einer Schablone genau im richtigen Abstande ausgestanzt wurden. Das lästige und zeitraubende Anstiften der Zeichnungen fällt hierdurch vollkommen fort, sämtliche Zeichnungen werden vor der Vorlesung in der richtigen Reihenfolge, d. h. gemäß der auf ihrer Rückseite bezeichneten Nummer aufeinander auf die Stifte aufgespießt, so daß nur die vorderste direkt sichtbar ist. Ist letztere gebraucht, so wird sie von den Stiften abgenommen, wodurch sofort die nächste zum Vorschein kommt, und in einen darunter angebrachten aus Pappdeckel verfertigten Kasten geschoben, welcher gerade das Format der Zeichnungen besitzt und am oberen Ende etwas erweitert ist, um die Öffnung leicht finden zu können. Ist es nicht möglich, diese Vorrichtung an den Tafeln anzubringen, so benutze ich dazu ein besonderes mit Rollen versehenes Stativ, welches sich leicht vor die Tafeln schieben und wieder entfernen läßt.

Zum Aufhängen größerer Wandtafeln sind an den Wänden Lattengerüste mit vorstehenden Stiften angebracht, an welche die Tafeln nebeneinander angespießt werden können. Ferner sind auf beiden Seiten des Auditoriums lange hölzerne Stangen angebracht, welche an Schnüren hängen, die im Schnürboden über Rollen geführt sind und vom Auditorium aus aufgezogen werden können. Auf den Stangen lassen sich Haken verschieben, an welche die Zeichnungen angehängt werden. Ist dies geschehen, so werden die Stangen mittels der Schnüre in passende Höhe gezogen.

In kleineren Auditorien findet man wohl feste Stangen angebracht, an welche verschiebbare Haken mit Ketten angehängt sind, in deren Glieder sich die Zeichnungen einhaken lassen.

Zweckmäßig würde es mir scheinen, gewisse häufig gebrauchte Konstanten, historische Daten u. dergl. statt unnötiger Dekorationen an die Wände anzumalen, eventuell können auch Porträts oder Gipsbüsten hervorragender Physiker zur Ausschmückung verwendet werden[2]).

[1]) Die käufliche farbige Kreide ist von sehr verschiedener Qualität. Ich beziehe dieselbe von Gebr. Leichtlin, Karlsruhe, Zähringerstr. 69. — [2]) Gebr. Micheli, Berlin NW., Unter den Linden 76a, liefern Büsten von Faraday, Franklin, Galilei, Galvani, Gauß, Helmholtz, Leonardo da Vinci, Newton, Siemens, Volta, Watt u. a. zu 18 bis 30 Mk. Porträts nach G. Siebert sind zu beziehen von A. Pichlers Witwe u. Sohn, Buchhandlung, Wien V, Format 20 × 39 cm, Preis 40 Pf. das Stück.

3. Der Experimentierraum. Als Experimentiertisch benutze ich einen kleinen, auf Rollen stehenden, also frei beweglichen Tisch, ungefähr von den Dimensionen des Tisches x in Fig. 3, auf welchen gewöhnlich noch eine kleine leichte Bank zum Auflegen von Manuskripten oder kleinerer Apparate, für welche der Tisch zu niedrig wäre, aufgesetzt wird. Ein leichter Druck genügt, diesen Tisch wegzuschieben, um so Raum für Benutzung großer Apparate zu gewinnen. Ebenso rasch kann er nach Beseitigung der letzteren wieder an seine Stelle gerückt werden [1]).

Wie man sieht, vertritt bei dieser Anordnung im allgemeinen der Fußboden die Stelle des Experimentiertisches; es versteht sich also von selbst, daß dieser sehr exakt gearbeitet und mit allen den Leitungen und anderen Einrichtungen versehen sein muß, die sich sonst an oder unter der Platte des Experimentiertisches befinden.

Als Material für den Fußboden empfiehlt sich astfreies Tannenholz [2]) erster Qualität mit hochkant stehenden Fasern, welches vor der Befestigung gründlich mit Leinölfirnis [3]) durchtränkt wurde, um gegen eindringende Feuchtigkeit und gegen Witterungseinflüsse unempfindlich zu sein. Der Rost aus Balken, auf welche diese Bretter („Riemen") befestigt werden, muß sauber zugerichtet sein und darf nicht mit Schutt ausgefüllt werden.

Ferner muß darauf geachtet werden, daß der Boden in der ganzen Ausdehnung des Experimentierraumes genau horizontal gerichtet ist und eine durchaus glatte Fläche ohne alle Spalten und Risse bildet. Er wird, nachdem er vollkommen ausgerichtet und nochmals mit Leinölfirnis getränkt ist, mehrmals mit grünlich-grauer Ölfarbe angestrichen, welche ungefähr das Aussehen des Staubes hat, so daß solcher nicht auffällig sichtbar wird.

An den Stellen, an welchen Leitungen den Boden durchdringen sollen, oder wo größere Öffnungen frei bleiben sollen, z. B. zum Heraufschieben der Zeichnungen, wird der Boden zweckmäßig aus einzelnen Platten zusammengefügt, die sich als Ganzes leicht herausheben oder um Scharniere umlegen lassen, wobei indes die Scharniere so gestaltet sein müssen, daß sie weder aus dem Boden hervorragen, noch eine Vertiefung bilden [4]). Sowohl diese Platten, wie auch die Fußbodenbretter überhaupt in dem Raum um den Experimentiertisch bis zu den Bankreihen werden nicht mit Nägeln, sondern mit messingenen Schrauben befestigt, welche nicht einrosten können, so daß das Herausheben eines Brettes keine besonderen Schwierigkeiten macht.

Ist es möglich, unter dem Boden gemauerte Pfeiler anzubringen, welche unabhängig vom Fußboden durch diesen hindurchgehen, um darauf feinere Apparate aufstellen zu können, welche vor Erschütterungen möglichst geschützt sein

---

[1]) Über die gebräuchlichen und andere Formen des Experimentiertisches siehe unter „Kleines Auditorium". — [2]) Parkettfußboden ist zu beziehen von Louis Heine, Dresden-A. (Eichen- und Buchenstabfußboden); Otto Hetzer, Parkettfußbodenfabrik, Weimar u. a. In Hamburg werden vielfach Fußböden aus amerikanischem (Zucker-) Ahornholz verfertigt, aus welchem sich tadellos gleichmäßige, fugenlose, sehr haltbare Böden herstellen lassen. (Bezugsquelle: Roefoed u. Isaakson in Hamburg.) — [3]) Besser wäre wohl Dr. Kronsteins polymerisierter Lack. — [4]) Man kann z. B. die käuflichen Scharniere, nachdem man sie stärker ausgefeilt hat, in verkehrter Stellung und in das Holz eingelassen aufschrauben oder sogenannte Nußbänder, welche seitlich an den Platten angeschraubt werden, benutzen. Schlegel (Z. 10, 202, 1897) empfiehlt auch bei Mittelschulauditorien den Boden, ähnlich wie bei dem Zentraltelegraphenamt in Berlin, aus einzelnen Holzplatten zusammenzusetzen.

sollen, so mag man je einen solchen Pfeiler in einiger Entfernung rechts und links vom Experimentiertisch anbringen lassen, doch so, daß seine Oberfläche nicht über den Fußboden vorragt, sondern von einem mit dem Fußboden ebenen Deckel aus Holz bedeckt ist, welcher sich beim Gebrauch abnehmen läßt. Für besonders nötig halte ich solche Pfeiler nicht, wohl aber für sehr störend, da der Raum in der Nähe des Experimentiertisches zur Durchführung der verschiedenartigsten Leitungen frei zur Verfügung stehen sollte. Der Nutzen der Pfeiler ist auch überall da illusorisch, wo (wie in Karlsruhe) das Auditorium an einer frequenten Straße liegt, so daß das ganze Gebäude sowohl wie auch der Boden, auf welchem es steht, beständig vibriert. Am zweckmäßigsten würde man solche Pfeiler nur bis zum Podium der Versenkung führen und nur abnehmbare eiserne Einsätze durch den Boden in das Auditorium ragen lassen.

4. **Die Versenkung.** Über dem Karlsruher Auditorium befindet sich unmittelbar das Dach, darunter ein anderes Auditorium. Beides ist nach meiner Ansicht verfehlt, und zwar nicht nur deshalb, weil bei starkem Regen durch das prasselnde Geräusch der auffallenden Tropfen auf dem Blechdach der Vortrag im physikalischen Auditorium gestört wird und ebenso durch das Hin- und Herschieben und Rollen schwerer Apparate, durch die Decke tropfendes Wasser u. s. w. die Vorträge im unteren Hörsaal leiden, sondern vor allem deshalb, weil diese Räume ganz wie bei einem Theater und aus ähnlichen Gründen — man nennt sie dort „Schnürboden“ und „Versenkung“ — notwendig für die zum Hantieren mit großen Apparaten und großen Tafeln erforderlichen Manipulationen jederzeit zur Verfügung stehen und ganz diesen Zwecken entsprechend eingerichtet sein müssen.

Selbst bei bescheidenen Verhältnissen kommt man häufig in die Lage, Gegenstände an der Decke befestigen oder Leitungen durch den Fußboden heraufführen zu müssen [1]).

Befindet sich das Auditorium im Erdgeschoß, so kann der Kellerraum als Versenkung dienen, anderenfalls müßte ein „Zwischenstockwerk“ angebracht werden.

Zur genügenden Erhellung würden sich eventuell sogenannte „Tageslichtreflektoren“ [2]), d. h. vor den Fenstern in passender Stellung befestigte Spiegel eignen, auch könnte ein Teil der Mauern aus Hartglasbaustein [3]) hergestellt werden.

Der Fußboden wird zweckmäßig zementiert und in der Mitte etwas vertieft, damit alles durch die Spalten des Fußbodens im Auditorium durchsickernde Wasser, Quecksilber u. s. w. sich dort sammelt und letzteres wieder aufgenommen werden kann. Man kann bei dieser Anordnung selbst Hochspannungsleitungen ausgezeichnet isoliert unter dem Fußboden durchführen und an dem Platze im Auditorium, wo man sie gerade braucht, wieder heraufkommen lassen, ebenso Gas-, Wasser- und Luftleitungen. Ferner wird der Auditoriumsraum nicht durch zahlreiche Draht-

---

[1]) Auch für Laboratoriumsräume würde sich die Herstellung solcher Zwischenstockwerke zur Führung von Leitungen u. s. w. eignen. Meines Wissens sind solche bisher noch nirgendwo eingerichtet worden, nicht einmal bei sehr großen Auditorien. — [2]) Zu beziehen von W. Hanisch u. Comp., Berlin N. 24, Oranienburgerstr. 65. Glasprismen mit Reflektoren liefert Herm. Schwinning, Berlin O. 27, Andreasstraße 48. — [3]) Zu beziehen von den Sächsischen Glaswerken in Deuben bei Dresden (100 Stück zu 20 bis 30 Mk.); J. Repp, Ziv.-Ing., Leipzig-Plagwitz; Glashüttenwerke Adlerhütten, Akt.-Ges., Penzig in Schlesien; A. Bumann, Glashüttenwerke, Akt.-Ges., Soest u. a.

leitungen beengt, und die Zahl der (gewöhnlich nie ganz dicht schließenden) Hähne kann auf ein Minimum reduziert werden. Dies Zwischenstockwerk braucht natürlich nur so hoch zu sein, daß man eben aufrecht darin stehen kann.

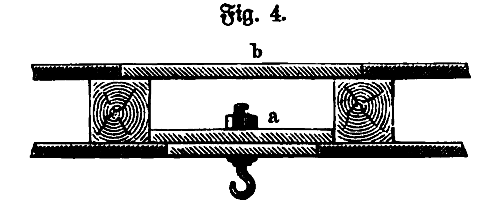
Nachdem es mir gelungen war, das oben erwähnte Auditorium unter dem physikalischen für das Institut zu gewinnen, ließ ich dort auf einem starken Gerüst ein Podium in 2 m Abstand von der Decke errichten, welches durch eine kurze abschließbare Treppe mit dem Vorbereitungsraum verbunden wurde. Auf diesem Podium endigen alle in das Auditorium führenden Leitungen in Hähnen, die durch geeignetes Gestänge von dem Auditorium aus geöffnet oder abgestellt werden können. Durch biegsame Metallröhren oder Schläuche mit Einlage können sie mit den den Fußboden durchdringenden Leitungen verbunden werden, und zwar ist infolge der Länge und Biegsamkeit der Verbindungsröhren beliebiger Wechsel möglich, d. h. an dieselbe Leitung im Auditorium kann nach Bedarf die Wasserleitung, Gasleitung, Luftleitung oder irgend eine andere Leitung angeschlossen werden.

Daselbst befinden sich auch Kessel für Druckluft und Vakuum, welche nach Bedarf mit den entsprechenden Leitungen verbunden werden können, ferner ein kleiner Dampfkessel, das Orgelgebläse, die Projektionsapparate und das Ende der Transmissionswelle mit Riemenscheibe nebst einer Abstellvorrichtung, welche (ebenso wie die Zugvorrichtung am Orgelgebläse) vom Auditorium aus in Tätigkeit gesetzt werden kann. Der Decke entlang laufen die elektrischen Leitungen mit Sicherungen und Ausschalthebeln, welch letztere ebenfalls durch Gestänge vom Auditorium aus betätigt werden können, so daß die Decke der Versenkung gewissermaßen ein ungeheures Schaltbrett vorstellt, an welchem die sehr verwickelten Leitungen in bester Übersichtlichkeit und ohne weiteres zugänglich, auch völlig vor unbefugten Händen geschützt angebracht sind. Vom Ende des Podiums führen zwei Treppen in das auf der obersten Treppe angebrachte Projektionshäuschen, so daß der den Apparat bedienende Gehilfe, ungesehen von den Zuhörern, ohne Störung auf dem kürzesten Wege rasch in jenes Häuschen gelangen und auch wieder zum Experimentiertisch zurückkehren kann.

Längs der Decke sind ferner, in kurzem Abstande von derselben, lange Stangen befestigt, an welchen mittels Haken eine große Zahl von Wandtafeln aufgehängt werden kann. An den betreffenden Stellen ist das Podium durchbrochen, so daß auch Tafeln von beträchtlicher Höhe aufgehängt werden können. Rings um diese Öffnungen ist (der Sicherheit halber) ein Geländer gezogen. Durch lange, schlitzförmige Öffnungen in der Decke, welche gewöhnlich verschlossen sind, können die Tafeln in das Auditorium hinaufgeschafft werden.

Bequem ist, wenn sich auch mitten vor dem Experimentiertische eine große, mit einer Holzplatte bedeckte Öffnung im Fußboden befindet, gerade unter der später zu besprechenden Aufzugvorrichtung, mit den nötigen Einrichtungen, um dort starke Haken befestigen zu können, z. B. für Befestigung eines Dynamometers beim Zerreißen von Drähten, welche durch die Aufzugswinde gespannt werden u. dergl.

Fig. 4.



Eine gleich große Öffnung sollte senkrecht darüber in der Decke des Zimmers vorhanden sein. Auch letztere ist gewöhnlich verdeckt durch eine Platte *b* (Fig. 4),

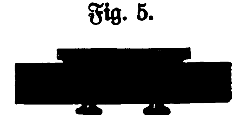
welche ein Stück des Fußbodens des darüber liegenden Raumes (des Schnürbodens) bildet, unterhalb welcher sich dann noch eine zweite lose einzulegende zweite Platte *a* befindet, die ein Stück der Decke des Lehrsaales bildet. Sie kann durch eine andere ersetzt werden, an welcher sich Haken, Rollen u. dergl. nach Bedarf einschrauben lassen.

5. **Der Schnürboden.** Die erwähnte Aufbewahrung der großen (nach Art von Wandkarten zwischen Holzstäben gefaßten) Zeichnungen in der Versenkung ist nicht gerade sehr zweckmäßig. Besser wäre es, dieselben in dem Raume über dem Auditorium, dem Schnürboden, hängend aufzubewahren und an Schnüren herabzulassen, ähnlich wie dies bei Theaterdekorationen geschieht, und zur Bezeichnung des Raumes als „Schnürboden" Veranlassung gegeben hat; dazu wäre aber nötig, daß dort besondere, genügend helle Kammern vorgesehen werden, in welchen die Tafeln gegen Rauch und Staub geschützt sind, auch müßte der Raum, ebenso wie die Versenkung, vom Auditorium aus leicht (etwa mittels einer Wendeltreppe oder eines Personenaufzuges) zugänglich sein[1]).

In Karlsruhe hat sich dies nicht ermöglichen lassen, da der Abstand zwischen Decke des Auditoriums und Dach im allgemeinen zu gering ist, und da, wo er ausreichend wäre, vielerlei hantiert werden muß. Auch münden dort die Ventilationsöffnungen ein, und durch die ihnen entströmende staubige und durch den Rauch der Gasflammen verunreinigte Luft würden die Tafeln bald verderben. Ich habe nämlich jenen Raum mit dem Auditorium durch zwei lange Schlitze in Verbindung gesetzt, von denen der eine in Fig. 3 sichtbar und mit den Buchstaben *a* und *b* bezeichnet ist. Derselbe ist am unteren Rande mit starken vorspringenden Leisten versehen (am besten würden kräftige Winkeleisen sein), auf welche, wie es Fig. 4 zeigt, an beliebigen Stellen kurze Balken oder Brettstücke mit Haken, Rollen, Lagern u. s. w. aufgelegt und befestigt werden können, zum Anhängen von Rollen, Flaschenzügen, Drähten, Röhren, Tafeln zum Auffangen von Lichtbildern und der verschiedenartigsten Apparate und Teile von solchen.

In der Mitte befindet sich eine große Torsionsvorrichtung, welche vom Auditorium aus betätigt werden kann, zur Bestimmung der Torsionselastizität von Drähten und zu den Versuchen über Torsionswage, Bifilarsuspension u. dergl. dienend. Sie besteht aus einem konischen, am Rande mit Schnurlauf versehenen Gußeisenring, welcher, wie Fig. 5 andeutet, in einer entsprechenden konischen Öffnung einer Gußeisenplatte drehbar ist. Die um den Rand gelegte Schnur ist über Rollen an der Wand nach unten in das Auditorium geführt. Oben kann ein eiserner Querstab aufgeschraubt werden, in welchem die zu benutzenden Drähte befestigt werden.

Fig. 5.



Das Gewicht des Ringes darf nicht zu groß sein, auch wäre, der geringeren Reibung wegen, ein cylindrischer vorzuziehen. Ein weithin sichtbarer Zeiger, welcher sich an einer großen an der Decke befestigten Kreisscheibe mit Teilung bewegt, gestattet auch den Fernstehenden den Drehungswinkel abzulesen.

Neben dem Schlitz, namentlich über dem Experimentiertisch, sind noch mehrere

---

[1]) An manchen Orten findet sich statt des Schnürbodens eine Art Balkon oder Galerie über dem Experimentiertisch.

mit Blechröhren ausgefütterte Löcher in der Decke des Auditoriums angebracht, durch welche mit einem kleinen Bleigewicht und Haken beschwerte, über Rollen geführte Schnüre hindurchgeführt sind, die vom Auditorium aus bewegt werden können. Sie dienen zum Anhängen leichterer Körper, z. B. zum Anhängen von Sandsäcken für unelastischen Stoß, ballistisches Pendel, Waltenhofens Pendel, durchsichtige Skalen für Projektionselektrometer und Galvanometer u. s. w.

Auf dem Schnürboden werden auch die langen geraden Drähte und andere Gegenstände, welche durch den Schlitz zu Versuchszwecken (z. B. für Torsionselastizität) hinuntergelassen werden sollen, aufbewahrt. Auch verschiedene Leitungen, welche dort gebraucht werden, sind in der Nähe des Schlitzes angebracht und mit passenden Endstücken versehen, während der Anschluß an die Hauptleitung in dem unteren Raum, der Versenkung, ausgeführt wird und die Regulierung vom Auditorium aus erfolgt.

Das Dach sollte eben, zum Aufstellen von Apparaten, z. B. Fernrohren, geeignet und für die Zuhörer zugänglich sein, um denselben gewisse Erscheinungen aus der Himmelskunde, insbesondere die Zeitbestimmung, die scheinbare Bewegung des Himmelsgewölbes und der Planeten, die Beschaffenheit des Mondes, des Saturns, der Nebelflecke und anderes demonstrieren und erklären zu können [1]).

Um genügend Licht in den niedrigen Schnürbodenraum zu bekommen, könnten in die Decke starke Glasplatten eingelassen sein, welche zugleich als Fußbodenplatten dienen [2]).

Zweckmäßig wird man auch auf dem Plateau eine Blitzableiterstange anbringen, welche zur Demonstration, eventuell auch zu Versuchen über atmosphärische Elektrizität und drahtlose Telegraphie dienen kann [3]).

6. **Die Wasserleitung** geht aus von dem gewöhnlich im Keller angebrachten Wassermesser (Wasseruhr) [4]). Dort befindet sich auch ein Haupthahn, welcher ermöglicht, bei nötigen Änderungen oder Reparaturen an der Leitung den Zufluß von der Straßenleitung abzusperren, sowie ein Abflußhahn, um alsdann die abgesperrte Leitung entleeren zu können. Unter diesem muß sich natürlich ein Ablaufrohr befinden.

Da zuweilen Arbeiter, welche mit Reparaturen beauftragt werden, die Leitung ohne vorherige Anzeige absperren und dadurch im Gange befindliche Experimente

---

1) Uhlich (Z. 10, 204, 1897) verlangt ein solches Beobachtungsplateau für die Himmelskunde sogar für den Unterricht an Mittelschulen. — 2) Drahtglasplatten mit quadrillierter Oberfläche für Fußböden sind zu beziehen von der Aktien-Gesellschaft für Glasindustrie, vorm. Friedrich Siemens in Dresden. Kann den Fenstern nur geringe Ausdehnung gegeben werden, so dürften sich insbesondere die sogenannten Luxferprismenfenster eignen, zu beziehen vom L.-Syndikat, Berlin S., Ritterstraße 26 (siehe auch J. Classen: Über Luxferprismenfenster, Hamburg, Verlagsanstalt 1901). — 3) Blitzableiter sind zu beziehen von Xaver Kirchhoff, Friedenau-Berlin W., Friedenauerstr. 44; Blitzableiterfabrik Georg Harach, München; Mix und Genest, Akt.-Ges., Berlin W., Bülowstr. 67; Paul Heinrich, Schöneberg-Berlin W., Hauptstraße 127; Stöcker u. Co., elektrot. Fabrik, Leipzig-Lindenau u. a. — 4) Zu beziehen von Bopp u. Reuther, Maschinen- und Armaturfabrik, Mannheim; Julius Stoll u. Co., Düsseldorf; A. G. Spanner, Frankfurt a. M.; Breslauer Wassermesserwerke, vorm. H. Meinecke, Breslau-Karlowitz; Johannes Fleischer, Frankfurt a. M.; Luxsche Industriewerke, Akt.-Ges., Gas- und Wassermesserfabrik, Ludwigshafen a. Rh.; Carl Andrae, Stuttgart; Dreyer, Rosenkranz und Droop, Hannover u. a.

(z. B. Evakuieren mit der Quecksilberluftpumpe, Betrieb des Gasmotors u. s. w.) stören und Unheil anrichten können, sollte der Haupthahn unter Verschluß liegen, aber der Schlüssel für den Fall der Not durch Zertrümmerung einer Glasscheibe allgemein zugänglich sein.

Die Wasseruhr muß ferner gegen Einfrieren geschützt sein. Wo z. B. durch Nachlässigkeit, etwa Offenstehenlassen von Kellerfenstern, dieser Schutz illusorisch werden kann, verwende man eine der mit Schutzvorrichtung versehenen Uhren[1], bei welchen durch die Ausdehnung des gefrierenden Wassers lediglich ein Blech verbogen wird, während das Werk intakt bleibt.

Fig. 6.

Um auch größere Wassermengen zu erhalten, verwende ich zwei parallel geschaltete Uhren, von welchen die größere sich bei Entnahme großer Wassermengen von selbst einschaltet. Dauernd darf diese nicht eingeschaltet bleiben, da sonst der Wasserverbrauch unrichtig gemessen würde.

Um den Druck in der Leitung beim Experimentieren jederzeit beobachten zu können, ist an der Rückwand des Auditoriums neben dem Projektionsschirm ein weithin sichtbares Manometer (Fig. 6) angebracht, welches durch ein sehr enges Zinnrohr dauernd mit der Wasserleitung in Verbindung steht.

Der Druck in der Wasserleitung soll zwei bis fünf Atmosphären betragen. Die Röhren müssen deshalb beträchtlich größere Wandstärke besitzen als die Gasröhren. Reste von bleiernen Gasröhren dürfen somit nicht zur Verlängerung oder Verzweigung von Wasserleitungsröhren benutzt werden, etwa sehr enge Röhren abgerechnet, zumal da häufig der Hohlraum der Röhre sehr exzentrisch liegt, so daß auf einer Seite die Wand bis auf Papierstärke verdünnt ist.

Infolge des hohen Druckes entstehen beim raschen Schließen der Hähne sehr heftige Stöße in der Rohrleitung, welche nicht nur der Rohrleitung selbst schädlich sind, sondern auch infolge des lästigen Getöses, welches in allen Räumen, durch welche die Leitung hindurchgeführt ist, hörbar wird, recht unangenehme Störungen herbeiführen können. Man kann diese Stöße dadurch dämpfen, daß man in der Nähe der Hähne Windkessel anbringt, deren Luftinhalt als elastisches Kissen wirkt und den Stoß abschwächt. Selbstverständlich muß man darauf achten, daß der Wasserstrahl dabei nicht saugend wirkt und die Luft aus dem Windkessel herauspumpt.

Die Gewinnung des nötigen Wasserdrucks ist eines der Hauptmomente, welche man bei einer Neueinrichtung zu beachten hat. Es wird aus diesem Grunde meistens nötig werden, die für physikalische Zwecke bestimmten Räumlichkeiten so tief wie möglich, d. h. in das Erdgeschoß, zu legen, was übrigens auch aus dem Grunde zweckmäßig erscheint, weil hier die Erschütterungen des Bodens am wenigsten fühlbar werden. Freilich stößt man dabei zuweilen auf eine andere Schwierigkeit, nämlich Mangel an Sonnenlicht. Handelt es sich um Entscheidung in dieser Hin-

[1]) Zu beziehen von Siemens u. Halske in Berlin.

sicht, so würde ich [1]) genügende Wasserleitung als wichtiger ansehen, da man die Versuche, welche unbedingt Sonnenlicht erfordern, eventuell in einem anderen Lehrsaale ausführen kann, muß man ja doch zu denselben nicht selten auch außerordentliche Stunden in Anspruch nehmen, da das Sonnenlicht keineswegs immer gerade dann zur Verfügung steht, wenn man es beim Unterrichte nötig hat. Nicht zu empfehlen sind dagegen die unteren Räumlichkeiten, wenn das Gebäude sehr feucht ist, weil dadurch die Sammlung, die sich auf gleichem Boden mit dem Lehrzimmer befinden muß, durch Rosten der Eisenteile, Verziehen des Holzes u. s. w. großen Schaden leiden könnte.

In allen Fällen müssen die Wasserleitungsröhren möglichst leicht zugänglich sein, um allezeit ohne Schwierigkeiten Reparaturen vornehmen zu können und niemals sollte man sie, namentlich wenn sie aus Blei bestehen, in eine Wand einmauern oder gar unter dem Fußboden verbergen. Abgesehen von der Schwierigkeit der Reparatur geschieht es in solchem Falle allzu leicht, daß jemand an der betreffenden Stelle, sei es aus Vergeßlichkeit oder Unkenntnis der Verhältnisse, einen Nagel eintreibt und quer durch das Rohr hindurchschlägt. Da die hierdurch entstehenden Löcher in der Röhrenwand durch den Nagel selbst bis auf weniges verstopft sind, so dauert es dann sehr lange, bis der Schaden entdeckt wird, indem das Wasser nur ganz allmählich heraussickert. So kann man dann die unangenehme Erfahrung machen, daß große Wandflecke feucht werden oder gar die Balkenlagen des Fußbodens zum Faulen kommen und kostspielige Reparaturen notwendig werden. Ist es durchaus nötig, eine Wasserleitung längs des Fußbodens zu legen, so führt man sie zunächst senkrecht durch den Fußboden hinunter, führt sie dann an der Decke des darunter liegenden Zimmers oder Kellers hin und nun erst an dem Punkte, an welchem sie endigen soll, wieder senkrecht nach oben. So viel wie möglich muß man vermeiden — mögen auch ästhetische Rücksichten noch so sehr entgegen stehen —, mehrere Röhrenleitungen dicht nebeneinander zu führen. Dadurch werden Reparaturen ungemein erschwert, oft geradezu unmöglich, so daß es nötig ist, das ganze Röhrensystem zu zerstören und von neuem anzulegen. Kanäle in den Wänden oder im Fußboden, welche ein Bündel unschöner Röhrenleitungen den Blicken entziehen sollen, sind also aus diesem Grunde völlig unzulässig, wenigstens wenn es sich dabei nicht um ganz kurze Strecken, sondern um ausgedehntere Anlagen handelt.

Daß die Wasserleitung so geführt sein muß, daß sie im Winter nicht einfrieren kann, auch nicht an einer einzigen Stelle, versteht sich von selbst, indes wird auch hiergegen zuweilen gefehlt. Durch die Ausdehnung des Wassers beim Gefrieren wird ein Bleirohr an zahlreichen Stellen blasig aufgetrieben und schließlich, falls die Ausdehnung genügend ist, gesprengt. So sieht man dann bei wieder eintretendem Tauwetter zuweilen aus zahlreichen Stellen das Wasser hervorrieseln und es kann geradezu nötig werden, die Leitung durch eine neue zu ersetzen. (Eisenröhren sind zu Wasserleitungen für physikalische Zwecke wenig geeignet, da das Wasser, sobald es längere Zeit in der Leitung gestanden hat, Trübung durch Rost annimmt.) An sehr kalten Wintertagen läßt man das Wasser, wenn nötig, um dem Einfrieren vorzubeugen, konstant fließen.

Läßt sich das Einfrieren der Wasserleitung nicht vermeiden, z. B. bei Schul-

[1]) Man findet übrigens vielfach auch die entgegengesetzte Ansicht.

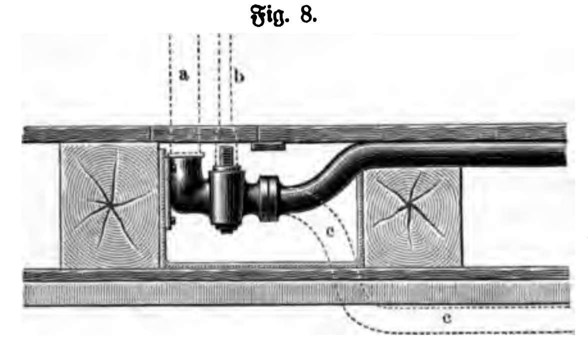
ferien im Winter, so lasse man zuvor durch Öffnen des zu diesem Zwecke am tiefsten Punkte im Keller angebrachten Ablaßhahnes, nachdem man den Haupthahn geschlossen und alle oben befindlichen Hähne geöffnet hat, alles in der Leitung enthaltene Wasser ausfließen. Um dies zu erleichtern, ist erwünscht, daß die Wasserröhren „Fall haben", d. h. überall im Sinne des Wasserstromes steigen. Sind U-förmige Biegungen vorhanden, aus welchen das Wasser nicht von selbst herausfließen kann, so sucht man es durch Einblasen von Luft durch den Hahn zu entfernen [1]).

Fig. 7.

Die Hähne der Wasserleitung müssen notwendigerweise **Ventilhähne** (Fig. 7) [2]) sein, da die gewöhnlichen Hähne mit konischem Zapfen bei einigermaßen nennenswertem Wasserdruck allzu schlecht dicht halten, insbesondere bei häufigem Gebrauch, da hierbei der Zapfen nicht allzu fest angezogen werden kann und etwa vorhandene Ritzen sich nicht allmählich durch Sedimente verstopfen können.

Bei der oben besprochenen, in Fig. 3 dargestellten Anordnung war in zweifacher Weise für Wasserleitung gesorgt. Für Versuche, welche nur wenig Wasser erfordern, war ein kleiner Hahn an dem Experimentiertisch *x* vorgesehen [3]), für Benutzung größerer Wassermengen ein Hydrant [4]) unter dem Fußboden, mitten vor dem Experimentiertisch, wie die Skizze Fig. 8 zeigt, und zwei gleich beschaffene in etwa 5 m Entfernung rechts und links davon.

Fig. 8.



Die Zuleitungsröhren würden am besten, wie die punktierten Linien *cc* andeuten, an der Decke des unteren Raumes geführt, was aber im vorliegenden Falle nicht tunlich war.

Bei der gezeichneten Anordnung bleibt beim Entleeren der Röhren in den Winterferien ein Rest von Wasser in der Biegung, welcher beim Einfrieren das Rohr sprengen kann. Ferner werden die unter dem Boden laufenden Röhren, wenn sie aus Blei bestehen, leicht beschädigt, z. B. durch Eintreiben eines Nagels in den Fußboden, und Reparaturen oder Änderungen an der Leitung sind mühsam und zeitraubend.

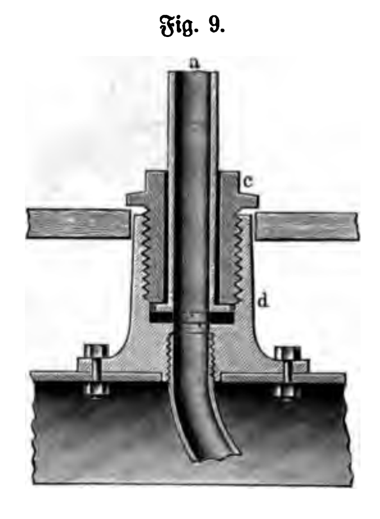
Was den Gebrauch des Hydranten anbelangt, so wurde nach Abheben des Deckels im Fußboden ein vertikales Eisenrohr *a* (**Standrohr**) mit dem gewünschten Mundstück, Schlauchansatz u. dergl. aufgeschraubt und auf den viereckigen Zapfen ein genügend langer **Stockschlüssel** *b* aufgesteckt. Das Loch im Fußboden konnte

[1]) Ich benutze hierzu den Kompressor, mittels dessen in kurzer Zeit alle Leitungen gründlich ausgeblasen werden. Auch eine Bierpressionspumpe oder Kohlensäureflasche sind verwendbar. — [2]) Zu beziehen von F. Butzke u. Co., Akt.-Ges. für Metallindustrie, Berlin S., 42. — [3]) Eventuell könnten auch zwei der Experimentiertischleitungen (siehe Kleines Auditorium) an die Wasserleitung angeschlossen werden. — [4]) Hydranten gewöhnlicher Konstruktion liefern z. B. **Bopp u. Reuther**, Maschinen- und Armaturenfabrik, Mannheim.

durch einen anderen Deckel mit a und b entsprechenden Öffnungen verschlossen werden, da unter Umständen durch Hineinfallen kleiner Gegenstände in das Loch Störungen eintreten können. Später wurde der Hahn b in größerer Entfernung (2 bis 4 m) von a angebracht, da sich obige Anordnung als nicht zweckmäßig erwiesen hatte.

Auch das einfache Einschrauben der Röhre a hat sich nicht bewährt, die Einrichtung wurde daher durch die in Fig. 9 dargestellte ersetzt. Das Rohr a ist unten mit einer schmalen Flansche versehen, welche unter Zwischenlage einer Vulkanfiberscheibe durch die Schraubenmutter c gegen das Widerlager in dem aus Rotguß hergestellten Ende der Rohrleitung angepaßt wird. Letzteres ist zusammen mit ähnlichen auf einem starken Winkeleisen angeschraubt, das seinerseits an den Balken unter dem Fußboden befestigt ist. Der sechskantige Kopf der Mutter wird mit einem Schlüssel angezogen. Das Gewinde von c und d kann auf gegenüberliegenden Seiten abgenommen sein, so daß sich c ohne weiteres in d einschieben und durch eine Viertelumdrehung festziehen läßt. Hierdurch wird erheblich an Zeit gespart. Vollkommen zweckmäßig ist auch diese Einrichtung nicht, da durch das unvermeidliche Zerren an dem Rohr a die Dichtungsscheibe notleidet. Der Winkel in Fig. 8 sollte sich in größerer Tiefe befinden, somit das Rohr a nicht nur durch den Fußboden, sondern auch durch die untere Decke geführt sein.

Fig. 9.



Außer den genannten Hähnen wurden noch mehrere von gewöhnlicher Größe mit Ansatz zum Anschrauben von Schläuchen an verschiedenen Stellen des Experimentierraumes angebracht, insbesondere an den Wänden L und M (Fig. 3) und in der Mitte der vordersten Bank, um leicht auch solchen Apparaten Wasser zuführen zu können, die in einiger Entfernung vom Experimentiertische stehen, und an den Stellen, wo Projektionsapparate aufgestellt werden.

Nach der oben erwähnten Vergrößerung des Experimentierraumes durch Beseitigung des Tisches und der Tafeln, und nachdem der Raum unter dem Auditorium in den Besitz des Instituts übergegangen war, wurde auch die Wasserleitung geändert.

Für Versuche mit sehr großem Wasserverbrauch wurde eine zweizöllige Leitung analog Fig. 9 in der Nähe der Wand M (Fig. 3) angelegt. Die einzöllige Leitung in der Mitte wurde derart abgeändert, daß nunmehr das Rohr nicht mehr aufgeschraubt werden muß (eine immerhin etwas zeitraubende Arbeit), sondern sich einfach aus dem Boden herausziehen läßt und nach dem Gebrauch wieder zurückgeschoben werden kann. Am einfachsten ließe sich dieser Zweck erreichen, indem man das verschiebbare Rohr, ähnlich wie den Kolben eines hydraulischen Aufzugs, durch den Wasserdruck selbst zum Auffsteigen zwingen würde; der geringeren Kosten wegen, und um dasselbe Rohr auch an andere Leitungen anschließen zu können, wurde indes eine einfachere Methode gewählt, welche in Fig. 10 (a. f. S.) dargestellt ist.

Das Rohr A ist, wie man sieht, durch die Gewichte $B\,B$ ausbalanciert und durch fünf Schläuche mit Einlage (welche in Wirklichkeit nicht über- sondern neben-

einander angeordnet sind) mit dem Hahn *C* verbunden [1]). Der letztere befindet sich auf einem 2 m unter dem Fußboden angebrachten Podium und ist an Stelle

Fig. 10.

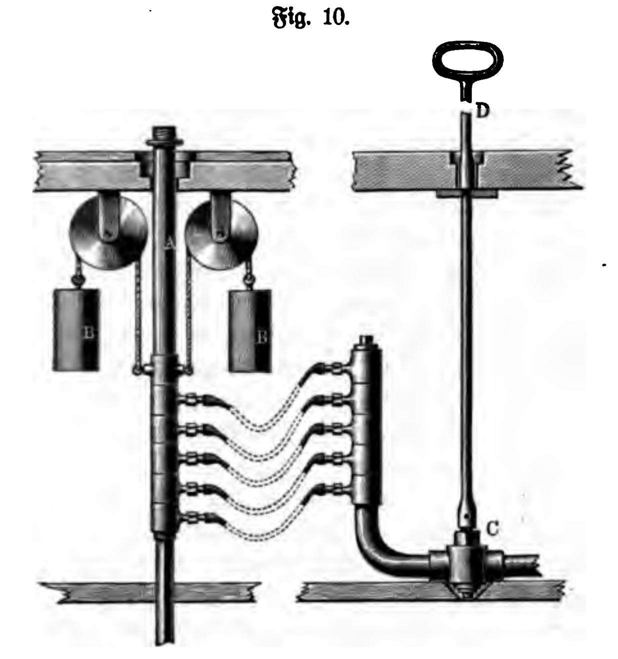




Fig. 11.

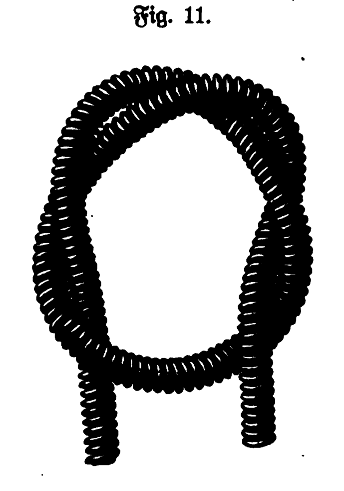
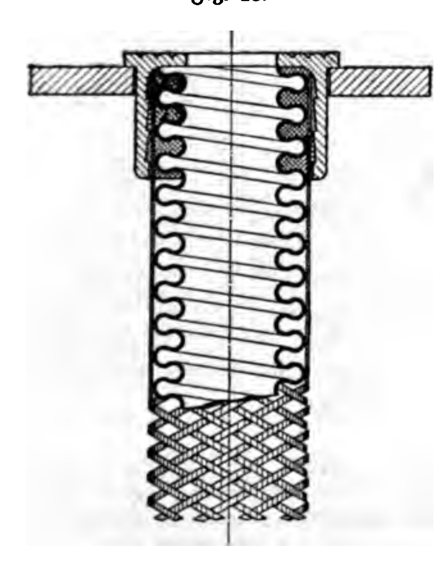


Fig. 12.



des Griffs mit einer vertikalen Stange versehen, welche in einem viereckigen Zapfen endigt und durch den Stockschlüssel *D* gedreht werden kann. Nach unten läuft das Rohr in eine vierkantige Stange aus, welche durch eine passende Öffnung in dem Podium hindurchgeführt ist, um dem Rohr als Führung zu dienen und Verdrehung zu

Fig. 13.



[1]) An Stelle dieser Schläuche würden sich besser die biegsamen Metallrohre eignen, wie sie von der Deutschen Waffen- und Munitionsfabrik in Karlsruhe geliefert werden. Die Fig. 11 zeigt eine solche Röhre von 20 mm lichter Weite und 1,6 m Länge. Fig. 12 stellt den Durchschnitt dar. Die normale Fabrikationslänge beträgt 2,7 m. Sind längere Röhren nötig, so verbindet man dieselben durch übergelötete Muffen. Ähnlich erfolgt die Verbindung mit den zum Anschrauben an die Eisenrohrleitungen sowie an Hähne, Behälter u. dergl. dienenden Verschraubungen. Für eine lichte Weite von 6, 8, 10, 15, 20, 25, 25, 30, 35 mm beträgt der Preis 3,6, 4,4, 6, 8,2, 10, 11,8, 12,8, 13,3, 15,7 Mk. pro Meter. Die größte Weite beträgt 70 mm, der Preis 44 Mk. Die Röhren von 10 mm werden auch mit Geflechtumhüllung für Betriebsdrucke bis 155 Atm. geliefert. Fig. 13 zeigt eine solche Röhre im Durchschnitt mit Flantschansatz.

verhindern, sowie um Zerrungen unschädlich zu machen. Den Kopf des Rohres bildet eine Konusverschraubung, an welche verschieden gestaltete Hahnstücke, Winkel, T-Stücke u. s. w. angesetzt werden können. Der Kopf paßt in eine Versenkung des Fußbodens und ist, wenn das Rohr nicht gebraucht wird, durch einen hölzernen Deckel bedeckt, welcher in der Mitte eine Art Schlüsselloch besitzt, um ihn durch Einstecken und Umdrehen eines Schlüssels leicht herausheben zu können. Ähnlich wird auch die Öffnung für den Stockschlüssel D gewöhnlich mit einem Holzdeckel zugedeckt. Es versteht sich, daß diese Deckel mit dem Fußboden völlig eben sein und sichere Auflage haben müssen, so daß auch schwere Gegenstände, ohne anzustoßen, darüber gerollt werden können.

Fig. 14.



Ist die Wasserleitung oder irgend eine Änderung an derselben hergestellt, so probiert man zweckmäßig zunächst mit einer kleinen Rohrprüfpumpe (Fig. 14) [1]), ob sie einen Druck auszuhalten vermag, der erheblich höher ist als der normale Wasserdruck und nirgendwo Undichtigkeiten vorhanden sind.

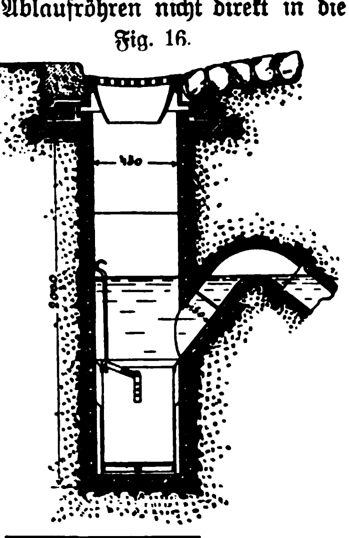
Für Orte, wo die Wasserleitung fehlt, empfiehlt Uhlich an einer vor Frost geschützten Stelle ein Bassin anbringen zu lassen, welches in bestimmten Zwischenräumen von einem Arbeiter gefüllt wird.

Ist elektrische Leitung vorhanden, so dürfte sich ein elektrisch betriebenes Pumpwerk empfehlen, z. B. die in Fig. 15 dargestellte Perkeo-Pumpe von Otto F. Burchard in Kiel, welche stündlich 1200 bis 9000 Liter bis 40 m hoch zu fördern vermag.

Fig. 15.

7. **Die Wasserablaufleitung.** Wesentlich ist, daß die Ablaufröhren nicht direkt in die Kanalisation der Straße münden, was schon deshalb unzulässig ist, weil dann die ungesunden und übelriechenden Kanalgase in das Auditorium gelangen könnten, sondern in eine Grube mit Überfall, an deren Boden sich ein emaillierter eiserner Eimer befindet, der durch geeignete Vorrichtungen herausgehoben werden kann. Sind irgend welche Gegenstände in die Röhren gefallen, z. B. kleine Kugeln, Quecksilber u. s. w., so kann man sie durch Herausheben jenes Eimers leicht wieder erlangen.

Fig. 16.



[1]) Zu beziehen von E. Sonnenthal jun., Berlin C., Neue Promenade 6, zu 55 bis 125 Mk. — [2]) Sinkkasten nach Fig. 16 liefert die Zementwarenfabrik Cossebaude, Windschild u. Langelott, Bromberg; andere Formen: H. Breuer u. Co. in Höchst.

Alle Ablaufröhren müssen genügend weit sein und tunlichst senkrecht abwärts geführt werden. Ist dieses nicht möglich, auch nicht dadurch, daß man dem Rohr anstatt senkrechter schräge Lage gibt, sondern nur unter Anwendung von Kniestücken, so verwende man überall statt einfacher Winkelstücke T- oder Kreuzstücke, deren freies Ende durch einen abnehmbaren Deckel verschlossen ist, da anderenfalls die Reinigung viele Schwierigkeiten und Kosten bringt. Horizontale Stücke sind, namentlich in den unteren Teilen, wo eventuell durch den Druck der ganzen überlastenden Wassersäule verstopfende Ansammlungen beseitigt werden können, nicht geradezu unzulässig, doch vermeide man solche, wenn immer möglich. Niemals aber darf ein Ablaufrohr, auch nicht auf ganz kurze Strecken, sich nach oben wenden. Der Theorie gemäß würde zwar das Wasser auch durch einen solchen „Siphon" ablaufen, nämlich nach Analogie der „intermittierenden Quelle" in bestimmten Pausen, so oft der gebildete Heber sich gefüllt hat, doch bleibt stets eine beträchtliche Quantität Wasser in der Knickung stehen, welche dem Rohr selbst sehr nachteilig ist, und der Sack wird ein Sammelort für alle zufällig in die Leitung hineinfallenden festen Körper, für chemische Niederschläge, die sich zuweilen unvermuteterweise bei der Mischung ausgegossener Flüssigkeiten bilden, für gelatinierende Stoffe und, was insbesondere lästig, für organische Substanzen, z. B. Papierschnitzel u. s. w., welche faulend einen höchst unangenehmen Geruch erzeugen, der durch den Luftzug in der Rohrleitung nach oben steigt und sich in der Nähe des Experimentiertisches verbreitet. Nur unmittelbar unter dem Waschbecken werden abnehmbare Siphons angebracht, um hineingefallene kleine, feste Teile rasch wieder entfernen zu können.

Ebenso wie vor Anbringung von U-förmigen Biegungen in der Ablaufleitung muß auch gewarnt werden vor der Anbringung von Verengungen. Ein richtig konstruiertes Ablaufrohr muß sich gegen die Ausflußmündung hin immer mehr und mehr erweitern, höchstens darf es gleiche Dicke behalten, niemals aber darf es sich verengen.

Das Einlassen der Wasserablaufröhren in die Mauern (namentlich Zwischenmauern zwischen zwei Zimmern) hat den Zweck, dem Einfrieren im Winter vorzubeugen, welches recht lästig werden kann, wenn man darauf bei Anlage der Leitung nicht genügend Rücksicht genommen hat. Niemals lasse man daher das Ablaufrohr an der Außenseite des Hauses sich herabziehen. Ist trotz alledem eine Verstopfung durch Eis eingetreten, so hilft zuweilen das Einschütten einer nicht zu geringen Menge Kochsalz oder Vitriolöl, auch das Einleiten von Dampf. Doch ist die Arbeit lästig und nicht immer von Erfolg.

Außen am Hause herablaufende Ablaufröhren können mit einer Lötlampe oder unter Anwendung der nötigen Vorsicht mit einem Strohfeuer aufgetaut werden, wenn Berußen der Wände nicht unzulässig erscheint.

Als bestes Material für die Röhren muß wohl Blei betrachtet werden, wenigstens für die engeren Teile der Leitung; für die weiteren dürfte Steingut mit Asphaltkittung zu empfehlen sein. Tonröhren werden durch Säuren rasch zerstört, Eisenröhren rosten und Asphaltröhren sind nicht hinreichend widerstandsfähig gegen heiße und ölige Flüssigkeiten.

An sechs Stellen des Experimentierraumes befinden sich je 10 cm weite, senkrecht durch die Versenkung durchgeführte Ablaufröhren, welche große Wassermengen passieren lassen. Die Öffnungen befinden sich unmittelbar unter dem Fußboden und können durch abnehmbare Holzdeckel geschlossen werden. Bei Versuchen wie

Zusammenstoß zweier Strahlen, Stoß auf eine Platte, Reaktionsrad u. s. w., bei welchen das Wasser auf größere Entfernung herumspritzt, wird auf den Boden ein flacher, aus zwei halbkreisförmigen Hälften bestehender Zinktrog von 3 m Durchmesser (Fig. 17) aufgesetzt, dessen 10 cm hoher Rand durch Einsetzen eines 60 cm hohen Zinkblechstreifens, der durch Haken zu einem Ring geschlossen wird, entsprechend erhöht werden kann, wie es bruchstückweise Fig. 18 zeigt. Die Stoßfuge *a a* wird mit einem dachförmig gestalteten Bleiblechstreifen überdeckt, so daß dort kein Wasser durchdringen kann. In der Mitte bei *b* sind halbrunde Ausbiegungen in beiden Teilen, welche das Wasserrohr durchtreten lassen. *c, c* sind nach unten

Fig. 17.

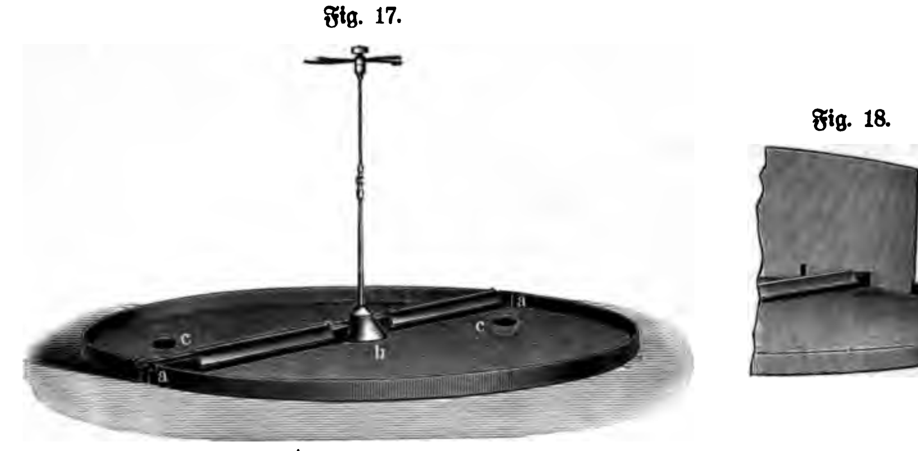


Fig. 18.

gehende Rohrstutzen, welche in die Ablaufröhren eingreifen. Die Anordnung der letzteren ist so, daß diese Bleche an drei verschiedenen Stellen des Experimentierraumes angebracht werden können, in der Mitte, 5 m nach rechts und 5 m nach links. Für spezielle Versuche werden außerdem wannenartige Aufsätze von verschiedener Größe, welche auf die Abflußröhren passen, verwendet.

Bei der älteren Anlage (Fig. 3) war, weil nur eine enge Ablaufröhre angebracht werden konnte, welche nicht im stande war plötzliche größere Wassergüsse aufzunehmen, der Raum unter dem Experimentiertisch großenteils ausgehöhlt und zu einem großen Wasserbecken mit Ablauf umgestaltet, zu welchem je nach Bedarf an verschiedenen Stellen, insbesondere mitten vor dem Experimentiertisch, durch Aufheben von Deckeln im Fußboden Zugang gewonnen werden konnte.

Für Abfluß unter Druck ließ sich eine der beiden leeren Leitungen in den Tischfüßen benutzen. Derartige einfach in Schlauchansatzröhren endigende Ableitungen sind auch an anderen Stellen des Experimentierraumes, und namentlich bei den Projektionsvorrichtungen angebracht.

8. **Die Gasleitung** geht aus von dem Gasmesser (der Gasuhr)[1], welche ebenso wie die Wasseruhr unter Verschluß im Keller aufgestellt wird. Wäre dieselbe ohne weiteres jedem Arbeiter zugänglich, so könnten durch Abstellen der Lei-

[1]) Gasmesser sind zu beziehen von Elster u. Co., Gasmesserfabrik, Mainz; Carl Sievers u. Co., Nachf., Hamburg, Wilhelmstraße 22; Max Bessin u. Co., Berlin NO., Höchstestraße 4 (nasse Gasmesser); Julius Pintsch, Berlin O., Andreasstraße; Adolf Guilleaume u. Co., Köln a. Rh. (trockene und nasse Gasmesser); G. Kromschröder, Fabrik trockener Gasmesser, Osnabrück.

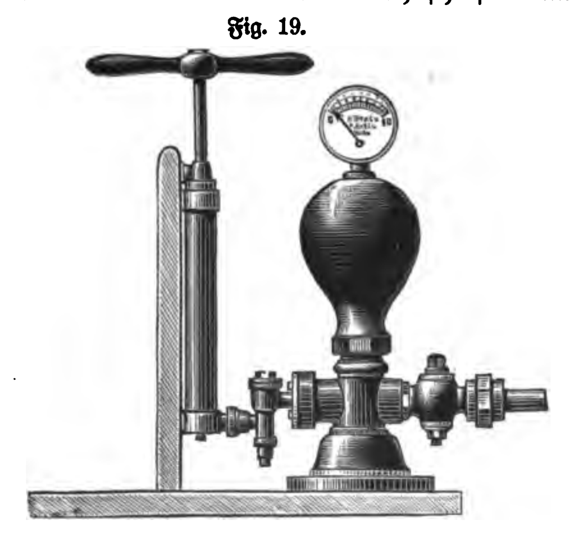
ng ohne vorherige Anzeige große Unzuträglichkeiten (z. B. Stillstehen des Gas-
otors beim Laden der Akkumulatoren u. s. w.) entstehen.

Daß die Gasuhr, falls sie nicht eine sogenannte „trockene“ ist, gegen Einfrieren
chützt (eventuell mit Glycerin gefüllt) sein muß, ist selbstverständlich [1]. Zuweilen
thält dieselbe zu viel Wasser, so daß die Flammen zucken. Durch Ablassen von
asser kann dem Übelstande leicht abgeholfen werden, doch soll dies von seiten des
swerkes geschehen, da Änderungen an der Gasuhr nicht gestattet sind.

Neuere Leitungen sind, der Vorschrift gemäß, stets aus Eisenröhren hergestellt.
e sollten etwas Fall haben (wie Wasserablaufröhren) und am tiefsten Punkte
en Ablaßhahn, damit (bei kaltem Wetter) angesammeltes Kondensationswasser
t abgelassen werden kann.

Eine neu hergestellte Gasleitung muß gründlich auf ihre Dichtigkeit geprüft
rden. Das einfache Abzünden, wie es bei den Installateuren Gebrauch ist, ist
chaus unzureichend; besser ist schon die Prüfung mit einem Wassermanometer,
hdem man die Leitung von der Gasuhr abgeschlossen und Luft bis zu etwa 20
r 30 cm Druck eingeblasen hat, wozu der Gasleitungsprüfapparat Fig. 20
nen kann [2]). Ich pflege mich auch hiermit nicht zu begnügen, sondern pumpe in
Leitung aus einem vor dem Abschlußhahn angebrachten Zweig mittels einer
essionspumpe Leuchtgas bis zu etwa $^1/_2$ Atm. Druck hinein und leuchte nun
ttels eines Gasanzünders ab. Auch die kleinsten Undichtigkeiten geben sich hierbei
ch Bildung langer Stichflammen kund und können dann durch schärferes An-
zen der Schrauben, durch
rstemmen mittels eines
mpfen Meißels oder Ersatz
dhafter Rohrstücke, gesprun-
er Muffen u. s. w. durch
e beseitigt werden.

Fig. 19.



Ältere Gasleitungen sind
öhnlich aus Blei hergestellt.
d derartige Leitungen etwa
ter Getäfel verborgen oder
die Mauer eingegipst, so
n durch Einschlagen eines
zels Unheil angerichtet wer-
. Ich beobachtete gelegent-
eine auf diesem Wege her-
gebrachte Explosion eines
rankes, in welchen das durch die Öffnung austretende Gas eingedrungen war,
jemand mit einem Licht dort etwas suchen wollte.

Ein Haupthahn, welcher die gesamte Gasleitung absperrt, muß sich in der
he des Experimentierraumes im Vorbereitungszimmer befinden und mit einem
gen dauernd befestigten Hebel als Griff versehen, auch gut eingefettet sein. Es

[1]) Die Vereinigten chemischen Fabriken Leopoldshall, Akt.-Ges., Post Staßfurt,
ern Füllmasse für Gasmesser. — [2]) Fig. 19 und 20 zeigen von H. Hommel in Mainz
beziehende Probierluftpumpen (Preis der ersteren 64 Mk.). Einen neuen Gasdurchlaß-
ser nach Fig. 21 a. S. 29 liefert die „Zentralwerkstatt“ in Dessau.

kommt zuweilen vor, daß derselbe rasch abgestellt werden muß und somit nicht weit entfernt sein darf [1]).

Eine Frage, welche in verschiedener Weise beantwortet wird, ist die, ob der Haupthahn während der Nacht geschlossen bleiben soll. Ich halte stets darauf, daß dies geschieht, da ich vielfach Gelegenheit hatte, zu beobachten, wie Lampen und Brenner aus Vergeßlichkeit nicht ausgedreht wurden und die Nacht über weiter brannten. Schlägt der Brenner nicht infolge der gegen Morgen eintretenden Verminderung des Gasdrucks durch, wobei Erhitzung bis zum Schmelzen des Schlauches eintreten kann, und ist der verwandte Schlauch gut, so ist weiter keine Gefahr vorhanden, falls nicht etwa irgendwo unbemerkt ein Gashahn aufgestoßen wurde, was z. B. zuweilen beim Putzen oder Abstauben geschieht. Es wird nur unnötigerweise Gas verbraucht.

Fig. 20.



Häufig werden aber alte abgenutzte Schläuche gebraucht, die nicht mehr ordentlich elastisch sind und von selbst abfallen oder Risse bekommen, so daß Gas ausströmt und sich an der Flamme entzündet. Aus solcher Ursache sind schon manchmal Feuersbrünste entstanden [2]).

Freilich darf der Haupthahn nicht eher zugedreht werden, ehe sämtliche Flammen gelöscht sind, da sonst beim Wiederöffnen am anderen Tage Gas aus den noch offen stehenden Hähnen ausströmt und eine Explosion veranlassen kann, was tatsächlich schon mehrfach geschehen ist. Als Sicherheit hiergegen habe ich einen Nebenschluß zum Haupthahn angebracht, in welchen ein sehr empfindlicher Gasmesser mit großem Zifferblatt eingeschaltet ist. Bleibt der Zeiger desselben nach Schluß des Haupthahns stehen, so ist man sicher, daß alle Hähne geschlossen sind.

Kleine Gashähne werden an verschiedenen Stellen der Rückwand hinter dem Experimentiertisch und an der vorderen Bankreihe angebracht. Ähnlich den weiten

[1]) Beispielsweise wurde einmal im Karlsruher Institut durch induzierte Funken Übergang des Akkumulatorenstroms in die Klingelleitungen und Gasleitungen veranlaßt. Erstere wurden glühend, schmolzen lange Löcher in die Gasleitungen und entzündeten das austretende Gas. Durch Zudrehen des Haupthahns war rasch jede Gefahr beseitigt. Ein anderes Mal hatte ein Installateur ein zweizölliges Rohrstück abgeschraubt und vergessen, dasselbe wieder anzusetzen, ehe er die Gasuhr öffnete. Durch das Geräusch des ausströmenden Gases wurde ich auf die Sachlage aufmerksam und konnte durch Zudrehen des Haupthahns die drohende Gefahr einer Explosion abwenden. — [2]) Zweimal hatte ich selbst Gelegenheit, dies zu beobachten. In beiden Fällen wurde glücklicherweise das Feuer bald bemerkt und konnte gelöscht werden.

ʒſſerröhren muß auch mindeſtens **ein** weites Gasrohr unter dem Fußboden endigen, ſen Hahn mit Stockſchlüſſel verſehen iſt.

Die Standröhren werden am Ende koniſch geſtaltet und entſprechend die ſnungen, in welche ſie eingeſteckt werden. Zur Befeſtigung iſt ein halber Schrauben- ıg ausreichend, aber nicht nötig. Falls der Konus ſchlank genug iſt, halten die hren ohne weiteres und laſſen ſich raſch auſſtecken und wegnehmen. Einzöllige hren ſind vollkommen genügend weit. Von den kleineren Hähnen wird das Gas ch lange Schläuche nach den Gebrauchsſtellen hingeleitet.

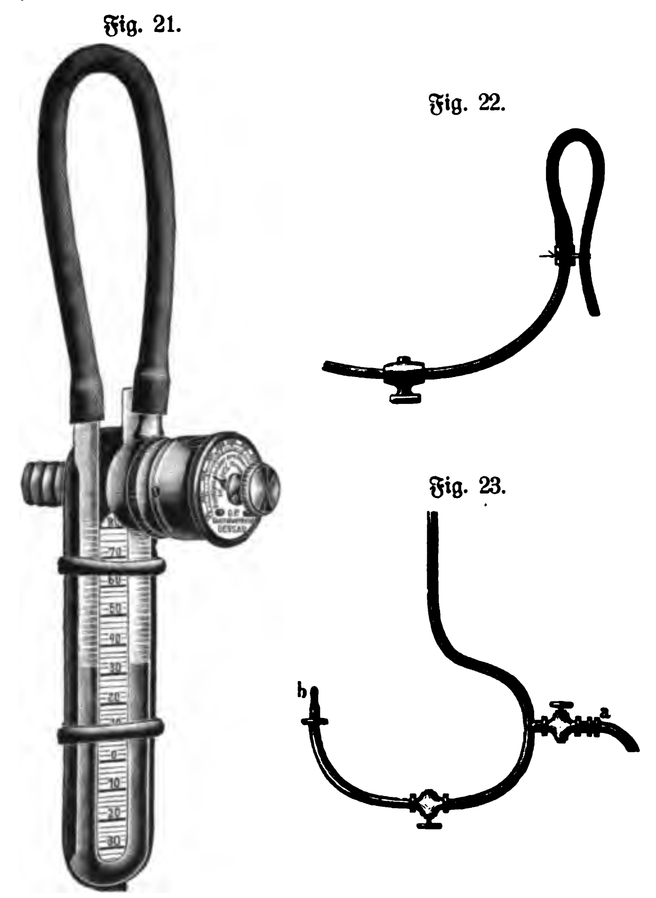


Fig. 21.

Fig. 22.

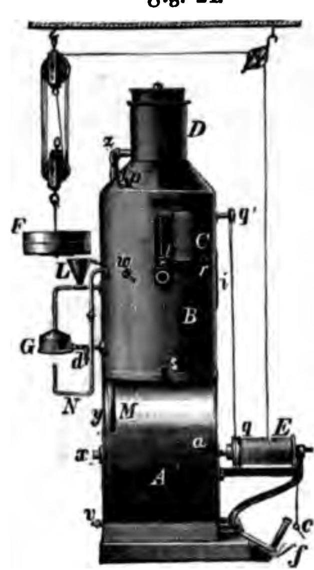
Fig. 23.

Solche Schläuche ſind ilich ſtörend, da man m Hin- und Hergehen ht daran hängen bleibt) dadurch Apparate reißt; man wird alſo, mentlich wenn kein er Experimentiertiſch Verfügung ſteht, ɛckmäßig auch enge, e Leitungen unter dem den nach verſchiedenen :llen hinführen und : die weite in Konus- ken endigen laſſen, in che dünne Stand-)ren eingeſteckt werden nen, an welche der ılauch bereits befeſtigt Die Einrichtung hat rdings noch die große bequemlichkeit, daß dem Einſtecken einer hen Röhre der Deckel dem Konus im den entfernt werden ß und der Hahn ſich größerer Entfernung ndet. Man könnte die Schwierigkeit beſeitigen, indem man den in einen weiten chter auslaufenden Konus in größerer Tiefe unter dem Boden endigen läßt und Deckel an einem federnden Hebel befeſtigt, ſo daß er beim Einſtecken des ındrohres nach unten und zur Seite gedrückt wird und dadurch gleichzeitig Hahn öffnet. Am oberen Ende der Standröhre müßte dann ein zweiter Hahn handen ſein, mit welchem die Regulierung des Gasſtromes möglich iſt. Beim ausziehen des Standrohres würde ſich der Deckel im Fußboden durch den ɛrdruck wieder automatiſch ſchließen und damit gleichzeitig den unteren Gas- m zudrehen.

Zweige der Gasleitung müſſen auch nach den Stellen geführt ſein, an welchen)jektionsapparate gebraucht werden.

Bei mangelnder Gasleitung am Experimentiertische läßt sich Gas für Brenner von Beleuchtungslampen mittels eines Kautschukschlauches entnehmen, entweder durch einen seitlichen Hahn *a*, Fig. 23, oder direkt, wie Fig. 22 zeigt. Der Schlauch muß in der angedeuteten Weise zu einer Schleife gebunden werden, da er sonst einknicken und sich schließen würde.

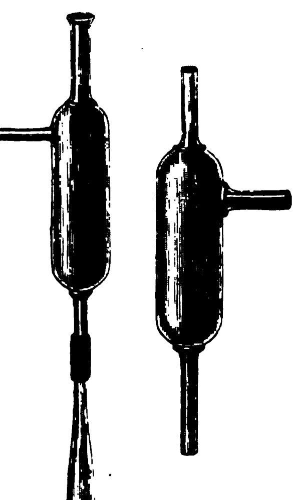

Fig. 24.



An Orten, wo Gasleitung fehlt, können mit Vorteil Gasolingasapparate nach Fig. 24 gebraucht werden, bei welchen Luft mit Gasolindampf gesättigt wird. (Zu beziehen von P. v. Richter, Berlin SW., Tempelhofer Ufer 8.) [1])

9. **Die Wasserluftpumpe.** Man kann die Strahlluftpumpen in zwei Klassen einteilen. Bei der einen Gruppe (Fig. 25) fließt der Wasserstrahl aus einem die Spitze nach unten kehrenden Konus direkt in einen zweiten Konus, welcher die Spitze nach oben kehrt, und das Gehäuse, in welches diese beiden Kegelröhren luftdicht eingesetzt sind, und welches durch ein seitliches Ansatzrohr mit dem Rezipienten verbunden wird, bleibt leer. Bei der zweiten Gruppe (Fig. 26) dient dieses seitliche Ansatzrohr des Pumpenkörpers zur Zuleitung des Wassers und die Luft wird durch den oberen Konus eingesaugt, welcher also in diesem Falle nicht mit der Wasserleitung, sondern mit dem Rezipienten verbunden wird.


Fig. 25. Fig. 26.



Die Pumpen erster Art, bei welchen das Wasser oben eintritt, eignen sich besonders dann, wenn man rasch evakuieren will, ein sehr hoher Grad von Verdünnung aber unnötig ist; kommt es dagegen weniger auf die Zeitdauer als auf möglichst energisches Saugen an, so ist eine Pumpe zweiter Art vorzuziehen. Sehr wesentlich für die gute Wirksamkeit der Pumpe ist die Gestaltung der konischen Ausflußröhre, geringe Änderungen können hier von großem Einfluß sein.

Hat die Wasserleitung mehr als drei Atmosphären Druck, so muß die Pumpe etwas anders geformt werden, so daß dies bei Bestellung bemerkt werden muß.

Muencke [2]) liefert Pumpen aus Metall in verschiedener Form und mehr oder minder eleganter Ausführung, auch mit Vakuummetern versehen, wie Fig. 27, ebenfalls in den genannten beiden Arten (Preis 2,5 bis 34 Mk.). Die aus Metall verfertigten Pumpen gestatten, den unteren

[1]) Ferner können Acetylengasapparate Anwendung finden (zu beziehen von Simonis u. Lanz in Frankfurt a. M.-Sachsenhausen) besonders für Beleuchtung (Glühlichtbrenner dazu liefert W. Güntner, Metallwarenfabrik, Wien). Zur Erhitzung kleiner Gegenstände kann ferner der in eisernen Flaschen käufliche (z. B. bei Dr. Elkan, Berlin N., Tegelerstr. 15) Wasserstoff Verwendung finden. — [2]) Dr. R. Muencke, Berlin NW., Luisenstr. 8.

Konus, welcher mit Gewinde versehen und durch eine Stopfbüchse gedichtet ist, höher oder tiefer zu schrauben, so daß er in eine geringere oder größere Entfernung vom oberen kommt. Man verbindet die Pumpe beim Aufstellen mit einem Vakuummeter (Manometer), beobachtet, welchen Einfluß dieses Verschrauben auf den Grad der Luftverdünnung ausübt, und stellt schließlich den Konus so, daß letzterer ein Maximum wird.

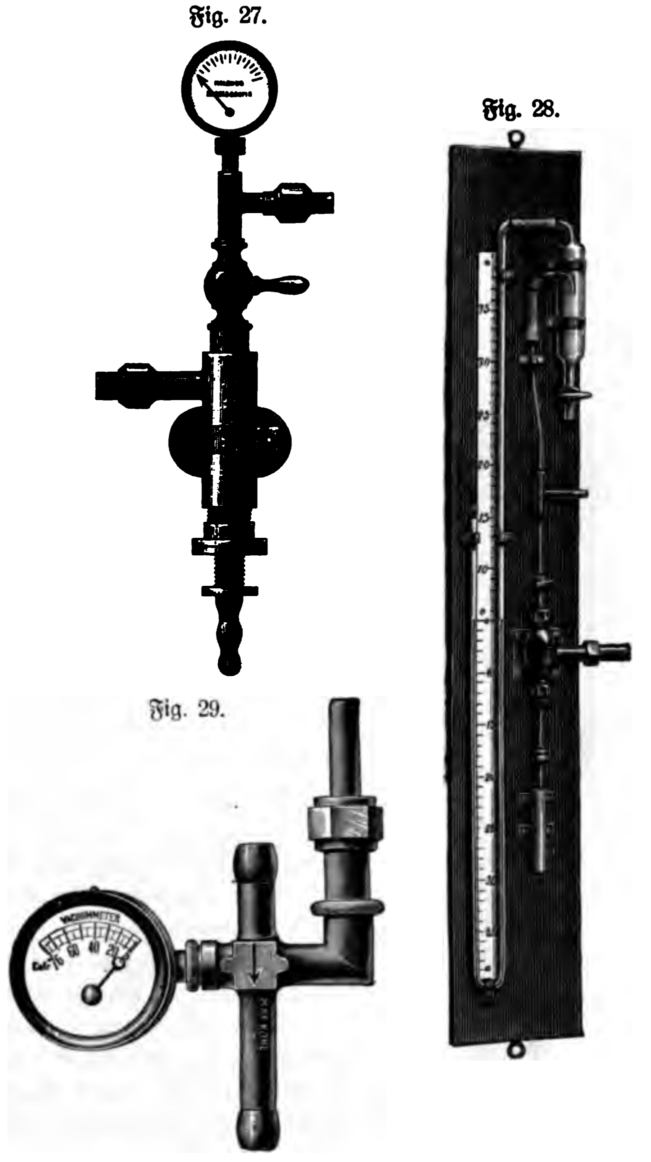


Fig. 27. Fig. 28. Fig. 29.

Die besseren Pumpen sind mit Dreiweghahn versehen, um vor dem Schließen des Wasserhahns den Rezipienten absperren oder Luft einlassen zu können. An das untere Ende der Pumpe muß ein 25 bis 30 cm langer Kautschukschlauch angebracht werden, dessen lichter Durchmesser nicht geringer sein darf als der lichte Durchmesser des Schlauchstückes, an welches er angestreift wird.

Die Pumpen aus Glas haben vor den aus Metall nicht nur den Vorzug größerer Billigkeit, sondern gestatten auch, die richtige Funktion fortwährend zu kontrollieren, und werden durch Absaugen saurer Dämpfe u. dergl. nicht beschädigt. Hat sich infolge von Kalkausscheidung an der Spitze die Leistungsfähigkeit vermindert, so kann sie leicht durch Auswaschen mit Salzsäure wieder hergestellt werden. Schwieriger dagegen ist das Abnehmen und Wiederanfügen an die Leitung, welches bei Pumpen aus Metall einfach durch Konusverschraubungen bewirkt wird, während die gläsernen Pumpen durch Schlauch mit Einlage, welcher mit Draht festgebunden wird, angefügt werden.

Bei der älteren Wasserluftpumpe von v. Babo (Fig. 30) strömt das Wasser durch die Ansatzröhre *A* in der Richtung der Pfeile in den Behälter *C* und aus diesem durch das konische Röhrchen *E* (oben 5, unten 10 mm weit) in den Ablauf.

In den Deckel des Gehäuses C ist ein mit Gewinde versehenes Stück D eingeschraubt und durch eine Gegenmutter F befestigt, in dem sich drei oben in das Ansatzrohr G zusammenlaufende Kanäle befinden (siehe den Durchschnitt Fig. 30 a), durch welche die Luft eingesaugt wird. Bei B befinden sich seitliche Bohrungen zwischen den drei Kanälen (siehe den Durchschnitt Fig. 30 b), durch welche ein Teil des Wassers in die axiale Höhlung des Stückes gelangen und längs dieser nach unten fließen kann, bis es sich schließlich mit dem äußeren Wasserstrom wieder vereinigt. Da, wo sich die beiden Ströme vereinigen, tritt auch die Luft aus den Kanälchen hinzu und wird kräftig mitgerissen.

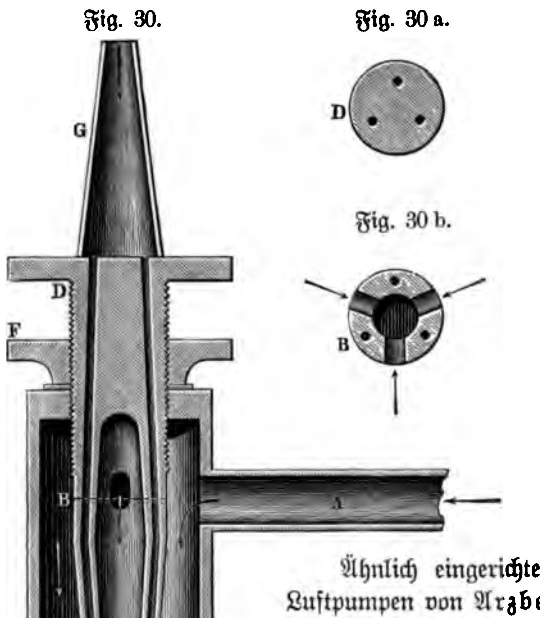


Fig. 30. Fig. 30 a. Fig. 30 b.

Ähnlich eingerichtet sind die vielfach verbreiteten Luftpumpen von Arzberger und Zulkowsky (1875)[1]), Körting[2]) u. a. Linnemann (1875) und H. Fischer (1876) konstruierten eine Wasserstrahlpumpe, welche ganz in dem Zapfen eines Wasserhahns verborgen ist, d. h. sich aus passend gebohrten Kanälen in demselben zusammensetzt.

Bei Druckänderungen oder plötzlichem Ausbleiben des Wasserzuflusses tritt bei den Wasserluftpumpen sehr leicht das Wasser rückwärts in den evakuierten Raum ein. Aus diesem Grunde hat Bunsen in die Leitung ein sogenanntes „Rückschlagventil" eingeschaltet. Dieses Ventil besteht aus einem Stück abgeschnürten Kautschukschlauch, das sich im Innern einer zwischen Pumpe und Rezipienten eingefügten Glasröhre befindet und die Fortsetzung des aus dem Gefäß kommenden Glasrohres bildet. Dasselbe ist mit einem scharfen Längsschnitt versehen, dessen Ränder auseinander weichen und somit der Luft Durchgang gestatten, wenn diese aus dem Rezipienten nach der Pumpe strömt, im entgegengesetzten Falle dagegen sich schließen und die Verbindung zwischen Pumpe und Rezipient unterbrechen. Damit im letzteren Falle kein Eindrücken und Umkrempeln des Kautschukschlauches stattfinden und infolgedessen der Anschluß der

[1]) Mit der aus Fig. 28 ersichtlichen Vorrichtung, welche Eintritt von Wasser in das Manometer verhindert, zu beziehen von Ernecke, Berlin, zu 50 Mk. — [2]) In der Form Fig. 29, zu beziehen von M. Kohl, Chemnitz, zu 20 Mk. — [3]) Zweckmäßig ist auch die Einschaltung einer Flasche in die Leitung, in welcher sich etwa zurückströmendes Wasser ansammeln kann.

Schnittränder gestört werden kann, befindet sich in dem Schlauch ein Stückchen Glasstab, welches annähernd, doch nicht ganz die Höhlung des Schlauches ausfüllt und das Ausströmen der Luft beim Evakuieren nicht wesentlich beeinträchtigt.

Um den Druck im Rezipienten auf bestimmter Höhe zu halten, wenn dies nötig sein sollte, hat v. Klobukow (1885) einen Regulator in die Pumpe eingefügt, bestehend aus einem U-Rohr mit Quecksilber. Ist sämtliches Quecksilber in den einen Schenkel gesogen, so wird bei weiterem Saugen Luft durch das Quecksilber hindurchtreten und den früheren Druck wieder herstellen.

Durch eine starke Einschnürung ist dafür gesorgt, daß nur kleine Luftblasen eintreten können, und durch kugelige Erweiterung des einen Schenkels, daß das aufspritzende Quecksilber wieder gesammelt wird.

Fig. 31.

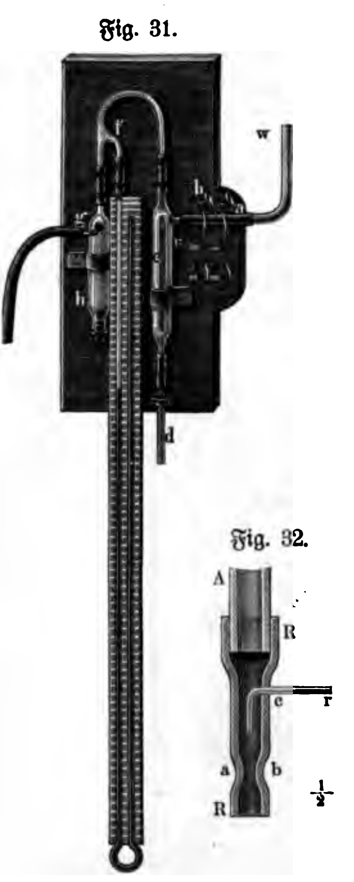


Fig. 32.

Des störenden Geräusches wegen empfiehlt es sich nicht, die Wasserstrahlpumpe im Auditorium anzubringen. Wohl aber kann sich dort der Hahn des Wasserzuflusses befinden, so daß sie doch jederzeit bequem in Betrieb gesetzt und abgestellt werden kann [1]).

Befindet sich das Auditorium eine oder mehrere Treppen hoch, und besitzt die Wasserleitung nur geringen Druck, so kann es — wie in Karlsruhe öfter der Fall — vorkommen, daß die Wasserluftpumpe wegen zu geringen Wasserdrucks versagt. Ich habe sie deshalb nicht im Vorbereitungszimmer, sondern im Keller anbringen lassen und von dort die aus gutem Bleirohr bestehende Saugleitung unter den Boden des Auditoriums, sowie zu Hähnen an den Wänden geführt. Der Hahn der Wasserleitung dagegen befindet sich im Auditorium, so daß die Pumpe von dort aus jederzeit in Betrieb gesetzt und abgestellt werden kann. Das lästige Geräusch ist damit ebenfalls vermieden, sowie auch die Möglichkeit des Wassereintritts in die Saugleitung, so daß ein Rückschlagventil unnötig ist. Durch die große Länge der Saugleitung wird allerdings infolge der Gasreibung die Leistung etwas beeinträchtigt. Diese Leitung darf daher nicht zu eng gewählt werden.

Steht eine Gefällhöhe von über 10 m zu Gebote, so kann man das Ausflußrohr der Pumpe mit einem langen, engen Fallrohr verbinden und dadurch die Strahlpumpe in eine Bunsensche Tropfluftpumpe verwandeln. Die Einrichtung einer solchen zeigt Fig. 31. Durch die Röhre *w* fließt Wasser zu und der Zufluß kann auf dem Verbindungsschlauche des Apparates mit der Hauptröhre durch zwei mit Schrauben versehene Quetschhähne *a*, *b* reguliert werden. Das Wasser fließt in das Gasrohr *c* und durch *d* ab; das Abflußrohr (Blei) ist nur etwa 3 bis 4 mm weit, hat aber 6 und mehr Meter Fall. In das Gefäß *c* ist von oben ein

[1]) Zum Gebrauch der Wasserluftpumpe siehe auch Schmidt, Z. 12, 129, 1899.

Glasrohr *e* eingeschmolzen, welches durch ein halbkreisförmiges Verbindungsstück in das weitere Glasrohr *h* führt, welches unten durch einen gut schließenden Kork verschlossen ist. Zwischen *c* und *h* steht das gebogene Rohr *f* mit einem offenen Quecksilbermanometer in Verbindung, um den Grad der Verdünnung zu messen.

Einige Verbesserungen der Bunsenschen Pumpe hat Tollens angegeben. Derselbe bringt das Wasserzuflußrohr nicht seitlich, sondern oben an, so daß man sehen kann, wie das Wasser herabtropft und infolgedessen den Zufluß leichter zu regulieren im stande ist. Außerdem bringt er im Fallrohr eine Öse (Schleife) an, um das Zusammenfließen des Wassers zu befördern.

Eine primitive Einrichtung nach Christiensen zeigt Fig. 32, wo *A* das Zuflußrohr, *RR* das Abflußrohr von Kautschuk bezeichnet, in welches mit einer glühenden Stricknadel ein Loch gestochen ist, um das gekrümmte Saugrohr *er* einzustecken. Bei *ab* ist das Kautschukrohr verengert; die Stärke der Verengerung hängt von den Druckverhältnissen ab und ist durch Versuche aufzufinden.

10. Das Wasserstrahlgebläse. Setzt man eine Wasserstrahlluftpumpe in Verbindung mit einem Gefäße, in welchem Scheidung von Luft und Wasser eintreten kann, so kann man das Wasser unten, die Luft oben austreten lassen und den erzeugten Luftstrom zur Speisung eines Gasgebläses, zum Glasblasen u. dergl. benutzen.

Fig. 33.



Am einfachsten steckt man das untere Ende in den einen Stöpsel einer dreifach tubulierten Wulffschen Flasche, in deren zweitem Tubulus ein weites, bis auf den Boden reichendes, oben doppelt knieförmig gebogenes Ausflußrohr für das Wasser sich befindet, während der dritte Tubulus eine Schlauchtülle zum Ableiten der angesammelten Luft enthält.

Solider sind solche Gebläse, welche aus einer metallenen Wasserstrahlpumpe in Verbindung mit einem Blechbehälter bestehen.

Muencke benutzt hierzu Pumpen, welche bei etwa 9 bis 10 Liter Wasserverbrauch pro Minute etwa 15 bis 20 Liter Luft pro Minute ansaugen. Die so hergestellten Gebläse vermögen komprimierte Luft aus einer 2 mm weiten Ausströmungsspitze bei 2 bis 3 Atmosphären Wasserdruck mit etwa 22 cm Quecksilberdruck konstant auszutreiben. Ein besonders als Demonstrationsapparat vorgerichtetes, mit gläsernem Gefäß versehenes Gebläse, mit Vakuummeter und Manometer zum Messen des Wasserdrucks ausgestattet, ist in Fig. 33 dargestellt. (Zu beziehen von Dr. R. Muencke, Berlin NW., Luisenstr. 58. Preis 69,25 Mk., einfachste Konstruktion aus Metall 15 Mk.)

Funktioniert ein solches Gebläse nicht, so sehe man vor allem, ob nicht vergessen wurde, den Saughahn zu öffnen.

Beim Abstellen des Wasserhahns spritzt aus der Saugöffnung, infolge des Luftdrucks im Gefäße, Wasser heraus. Man muß also entweder diese Öffnung zuvor schließen oder ein Rohr ansetzen, welches das Wasser in das Abflußbecken befördert.

Eine zweckmäßige Kombination von Glockengasometer und Wassergebläse besteht darin, daß man den Auftrieb der Gasometerglocke dazu benutzt, den Wasserhahn des Gebläses abzustellen, sobald die Glocke eine bestimmte Höhe erreicht hat. Hierzu kann eine Art Wippe wie bei der Rapsschen Quecksilberluftpumpe dienen. So hat man (z. B. zum Glasblasen) stets Wind vorrätig, ohne das Gebläse anlassen zu müssen.

Für größere Luftmengen benutzt man entweder mehrere parallel geschaltete einfache Wassergebläse oder ein entsprechend größer gebautes.

Vielfach in Anwendung findet sich das nach Bunsenschem Prinzip konstruierte Gebläse von Jamin und St. Claire Deville (Fig. 34) (zu beziehen von C. Desaga in Heidelberg). Durch die Röhre b tritt Wasser aus der Wasserleitung in den Blechcylinder B und strömt aus diesem durch die langen Röhren fh und gi in den unteren Cylinder D. In die oberen Enden der Röhren fh und gi sind die Röhren c und d eingesetzt, durch welche aus der Trommel A Luft eingesaugt wird. Durch die Röhre a steht diese entweder mit der Atmosphäre oder mit einem zu evakuierenden Apparat in Verbindung. In dem Cylinder D scheiden sich Wasser und Luft, und ersteres strömt durch eine heberartige, bis zum Boden reichende Röhre aus, welche aber nicht als Heber wirken darf und deshalb an ihrem höchsten Punkte mit dem offenen Ansatzröhrchen in versehen ist. Die Luft strömt durch k aus. Um das Umherspritzen und Mitreißen von Wasser zu verhindern, sind die Siebe hh' in dem Cylinder D angebracht.

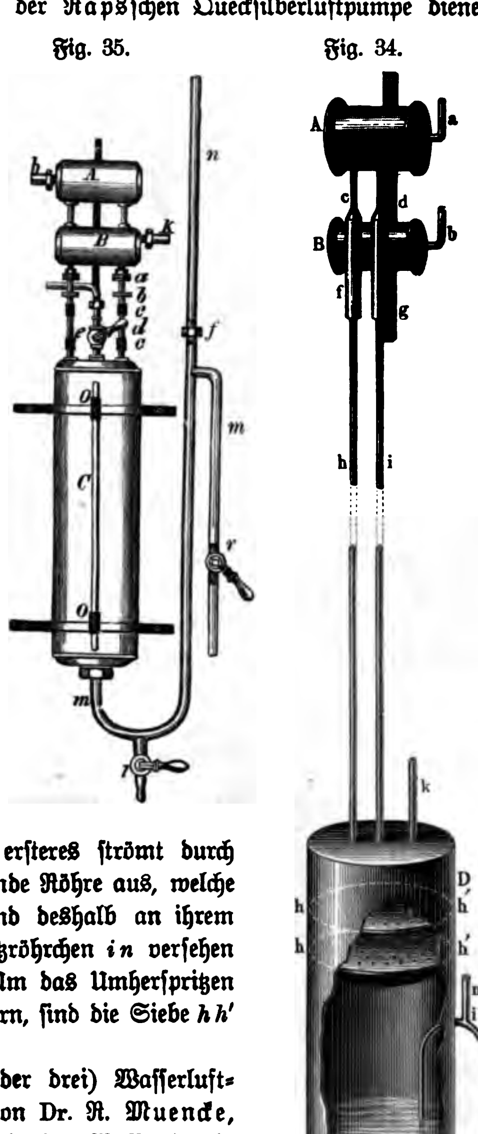


Fig. 35. Fig. 34.

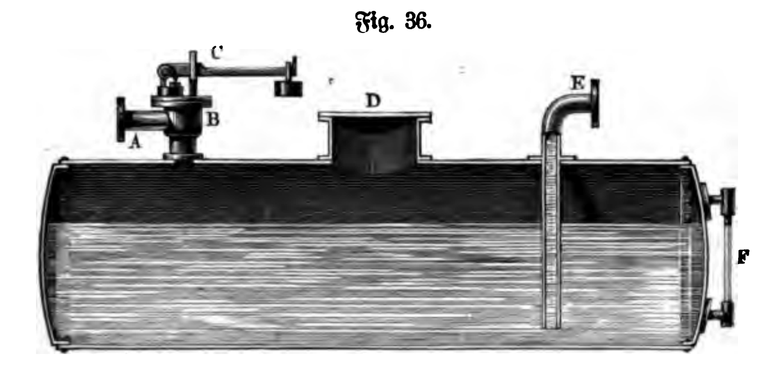
Ähnliche Apparate mit zwei (oder drei) Wasserluftpumpen (Fig. 35) sind zu beziehen von Dr. R. Muencke, Berlin NW., Luisenstr. 58. Durch h tritt das Wasser in die Trommel A, fließt dann durch zwei Injektoren durch die Trommel B, in welche durch das Ansatzrohr k Luft eingesaugt wird, in die den Injektoren entsprechenden Abflußröhren, welche zum Teil aus Glas bestehen, um das abfließende Wasser beobachten zu können. Dasselbe muß wegen der Beimischung von Luft möglichst milchig aussehen. Ist dies nicht der Fall, so reguliert man die Wasserstrahlpumpen durch Auf- oder Herunterschrauben des unteren Konus, bis die maximale Wirkung erreicht ist. Der Abflußhahn des Gefäßes wird je nach der Beanspruchung des Gefäßes so reguliert, daß

das Gefäß, wie an dem Wasserstandsanzeiger zu ersehen, gerade mit Luft gefüllt bleibt oder sich konstanter Wasserstand herstellt. Schließt man den Hahn *l* und öffnet *r*, so erhält man einen konstanten Druck, welcher durch die Höhe der Abzweigung des Rohres *mr* bestimmt ist. (Preis 67 bis 120 Mk.)

Ebenso wie die Wasserluftpumpe wird auch das Wassergebläse nicht im Lehrsaal angebracht, sondern an der an diesen angrenzenden Wand des Vorbereitungszimmers oder noch weiter entfernt, da das Geräusch des ausströmenden und Luft einschlürfenden Wassers während des Vortrages stört. Die Leitung in das Auditorium verzweigt sich an verschiedenen Stellen, insbesondere in der Nähe des Experimentiertisches und der Projektionsapparate, und wird ebenso wie die Gasleitung ausgeführt.

11. Die Dampfleitung. a) Der Dampfkessel. Die Dampfkessel sind entweder Großwasserraumkessel oder Röhrenkessel. Bei ersteren ist das Verhältnis der Wassermenge zur Heizfläche groß, bei den Röhrenkesseln dagegen klein. Die ersten haben den Vorzug, daß auch beim Nachlassen der Feuerung die Dampfentwickelung noch lange vorhält, da in der großen Wassermenge eine beträchtliche Quantität Wärme enthalten ist. Sie können aber, der kleinen Heizfläche wegen, nur eine relativ geringe Menge Dampf in der Zeiteinheit erzeugen. Umgekehrt entwickeln die Röhrenkessel bei konstanter Feuerung massenhaft Dampf, lassen aber sofort nach, sobald das Feuer erlischt, verlangen also, wenn man kontinuierlichen Dampfstrom wünscht, beständige Wartung. Andererseits haben sie wieder den Vorzug, daß sie weit weniger Explosionsgefahr bieten und an Orten aufgestellt werden können, wo dies bei der anderen Art nicht tunlich wäre.

Fig. 36.



Ich benutze, dieser verschiedenen Eigenschaften wegen, sowohl die eine wie die andere Art. Als Großwasserraumkessel dient der Kessel einer Dampfelektrisiermaschine, welcher in der Versenkung aufgestellt ist, und zwar so, daß das Dampfrohr (von einem Zoll lichter Weite) vertikal durch den Fußboden in die Höhe steigt und in der Nähe des Experimentiertisches in einer Verschraubung endigt, welche gewöhnlich mit einem Holzdeckel überdeckt ist, an welche aber verschiedenartige Standrohre angeschraubt werden können. Diese Führung des Dampfrohres ist insofern sehr wesentlich, als das in der Röhre gebildete Kondensationswasser von selbst in den Kessel zurückläuft, weshalb stets trockener Dampf austritt und nicht unnötig Wasser verbraucht wird, somit auch Nachfüllen des Wassers nur in längeren Pausen erforderlich wird.

Die Hauptteile eines Kessels sind aus Fig. 36 zu ersehen. Es ist *A* das Dampfrohr, *E* das Speiserohr, *C* das Sicherheitsventil, *D* das Mannloch, *F* der Wasserstandszeiger, ein starkes Glasrohr, welches durch horizontale Messingröhrchen mit dem oberen und dem unteren Teile des Dampfkessels in Verbindung steht, so daß das Wasser im Glasrohre sich stets in gleiche Höhe mit dem Wasser im Kessel stellen muß [1]).

Fig. 37.



Fig. 38.



Fig. 39.

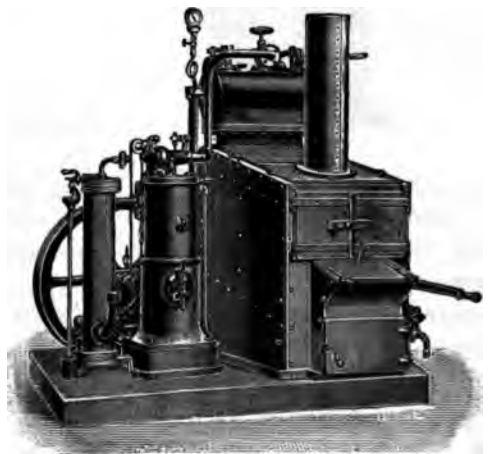


Die Kesselwände müssen natürlich um so stärker gemacht werden, je größer der Durchmesser des Kessels und je größer die Spannkraft der Dämpfe ist, welche er einschließt. Verschiedene Ausführungsarten sind dargestellt in den Figuren 37, 38 und 39.

Zur Aufstellung unter bewohnten Räumen sind nur sogenannte Zwergkessel, bei welchen der Überdruck höchstens 6 Atmosphären und das Produkt aus Überdruck und wasserbespüler Heizfläche (in Quadratmetern) 30 beträgt, sowie Wasserröhrenkessel, deren Röhren höchstens 10 cm weit sind, zulässig. In jedem Falle aber ist polizeiliche Genehmigung erforderlich. Die näheren Bestimmungen hierüber findet man z. B. im „Kalender für Maschineningenieure“.



Fig. 40.



Als Röhrenkessel benutze ich einen solchen, wie er von den **Eisenwerken in Gaggenau i. Baden** geliefert wird [2]).

Ein Nachteil der Wasserröhrenkessel ist, daß infolge des kleinen Dampfraumes und der geringen Wassermenge der Dampf meistens **naß** austritt, sobald die Beanspruchung stündlich mehr als 10 kg pro Quadratmeter Heizfläche beträgt.

---

[1]) Kessel wie Fig. 37 u. 38 liefern **Soeding u. v. d. Heyde** in Hörde i. W., ausziehbare Röhrenkessel wie Fig. 39 **Wolff** in Magdeburg-Buckau. — [2]) Die Figur zeigt denselben in Verbindung mit einer kleinen Dampfmaschine, welche leicht abgetrennt und im Auditorium aufgestellt werden kann. Sicherheitsdampfkessel (System **Root**), zur Aufstellung unter bewohnten Räumen geeignet, von 4 bis 120 qm Heizfläche und 10 Atmosphären Überdruck liefert die Rheinische Röhrendampfkesselfabrik **A. Büttner u. Co.**,

Um mit Sicherheit den richtigen Wasserstand im Kessel erhalten zu können, muß derselbe mit zwei voneinander unabhängigen Speisepumpen versehen sein, so daß, wenn etwa bei der einen Pumpe die Ventile sich festgesetzt haben, sofort die andere in Tätigkeit gebracht werden kann. Diese Speisepumpen saugen das Wasser aus einem mit destilliertem Wasser oder Regenwasser gefüllten Blechbehälter, in welchen auch das Dampfableitungsrohr mündet [1]).

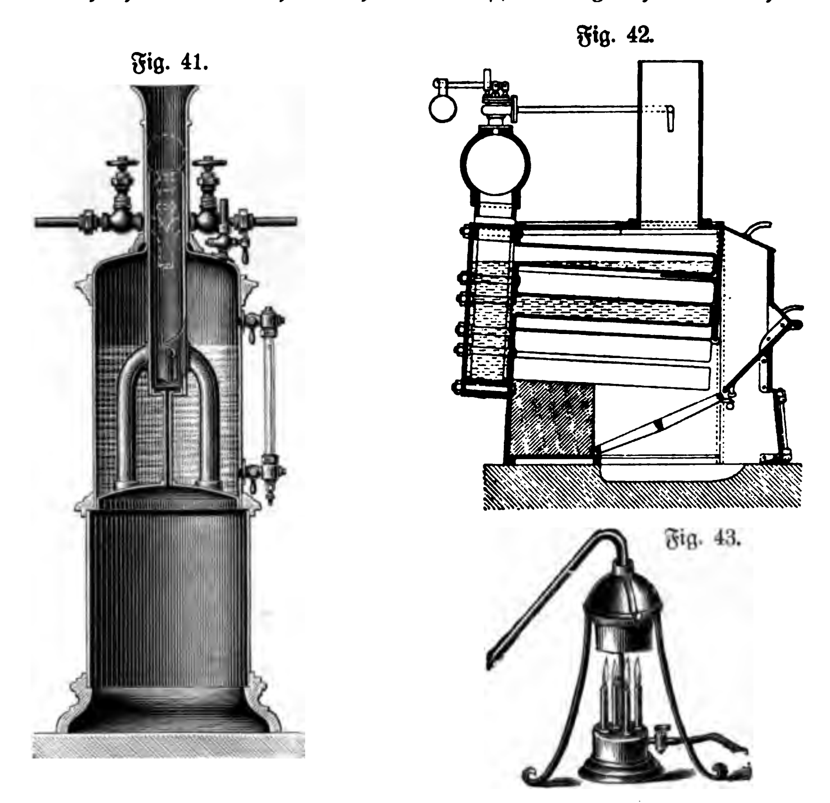


Fig. 41. Fig. 42. Fig. 43.

Das gewöhnliche Leitungswasser ist seiner Härte wegen nicht zu gebrauchen, weil die Reinigung kleiner Kessel mit großen Schwierigkeiten verbunden, wenn nicht überhaupt unmöglich ist. Es gibt zwar Mittel, welche die Bildung von Kesselstein verhüten sollen [2]), doch können dieselben schon aus dem Grunde nicht

G. m. b. H., Uerdingen a. Rh. Dampfkessel bis 25 Atm., in jedem Raume polizeilich zulässig, sind zu beziehen von Otto Lilienthal, Berlin SO., Köpenickerstraße 113. Stehende Röhrenkessel sind zu beziehen von der Dampfkesselfabrik vormals Arthur Rodberg, Akt.-Ges., in Darmstadt; Wiedenfeld u. Co., Duisburg a. Rh.; kleine von Max Kohl in Chemnitz. Andere bekannte Firmen sind: A. Borsig, Maschinenbauanstalt und Eisengießerei Berlin-Tegel; Jacques Piedboeuf, Dampfkesselfabrik, G. m. b. H., Aachen; Kesselschmiede und Maschinenfabrik Kühnle, Kopp und Kausch, Akt.-Ges., Frankenthal, Pfalz; Metallwarenfabrik vorm. Fr. Zickerick, Wolfenbüttel; Aktiengesellschaft für Apparate- und Kesselbau, Aachen; J. und A. Niclausse, Paris, Rue des Ardennes 24 u. a. — [1]) Gebr. Körting, Körtingsdorf bei Hannover, liefern automatisch wirkende Speisevorrichtungen, welche völlig geräuschlos, ohne Wartung, Schmierung und Kraftbedarf, selbst bei 100° Wassertemperatur arbeiten. — [2]) Z. B. Antilebetolith, zu beziehen von Martin van Look in Barmen; Frischauer u. Co., Wien 6, Gumpendorferstr. 41, empfehlen ihr Anticorrosivum als Dampfkessel-Innenanstrichfarbe.

zuverlässig sein, weil die Härte des Wassers bald mehr durch kohlensauren, bald mehr durch schwefelsauren Kalk bedingt ist, und in jedem Falle andere Zusätze nötig sind.

Das Wasserstandsglas des Dampfkessels muß gegen schroffe Temperaturänderungen geschützt werden, da es sehr leicht zerspringt. Sollte dies wirklich eintreten, so schließt man sofort die beiden Hähne an dem Wasserstandsanzeiger [1]).

Als Heizmaterial für den Kessel benutze ich Holz. Zweckmäßiger wäre wohl Gasfeuerung, doch hält es schwer, die fertig zu beziehenden Typen von Kesseln damit auszurüsten. Der oben erwähnte Gaggenauer Kessel ist mit zwei Sicherheitsventilen ausgestattet, von denen das eine bei geringerem Druck sich öffnende den ausströmenden Dampf dem Zuge entgegen in die Feuerung eintreten läßt, und dadurch die Intensität der Verbrennung herabmindert, also automatisch die Dampfspannung konstant erhält (Fig. 42).

Wo Dampfheizung besteht, könnte man eine Verbindungsleitung zum Dampfkessel herstellen, um diesen im Winter aus der Heizanlage mit Dampf füllen zu können. Auch das erforderliche destillierte Wasser ist hier leicht zu beschaffen.

Ist nur sehr wenig Dampf nötig, so kann der kleine Landoltsche transportable Kessel Fig. 41 (zu beziehen von Dr. R. Muencke, Berlin, zu 165 Mk.) benutzt werden. Derselbe ist 30 cm hoch und 20 cm breit und faßt etwa 8 Liter Wasser. Auch kupferne Retorten (Fig. 43) sind häufig ausreichend.

b) Die Dampfleitung. Besitzt die Dampfleitung beträchtliche Länge, so wird in dieselbe ein sogenannter „Kondensationswasserabscheider“ [2]) eingesetzt, d. h. eine Erweiterung, in welcher sich das Kondensationswasser sammelt, um wieder in den Kessel oder in den Wasserbehälter der Speisepumpen zurückzufließen. Solche längere Dampfleitungen umhüllt man zweckmäßig [3]) mit einer sogenannten Isoliermasse oder Wärmeschutzmasse, z. B. Kieselgurkomposition (zu beziehen von A. Haacke u. Co., Celle, Provinz Hannover und W. Kempchen sen., Oberhausen, Rheinland) oder besser Seidenschnur von E. und C. Pasquay in Wasselnheim (Elsaß). Die Deutsche Asbestgesellschaft in Duisburg empfiehlt für hohe Dampfspannungen Asbestmasse.

Der Hahn der Dampfleitung läßt sich ebenso wie die Hähne der übrigen Leitungen vermittelst eines Stockschlüssels vom Auditorium aus drehen. Außer dem Haupthahn sind aber auch noch Hähne an den Standröhren vorhanden, und zwar nicht solche mit konischen Zapfen, sondern Niederschraubhähne ohne Leder- oder Kautschukdichtung, da eine solche durch die Hitze des Dampfes zerstört würde. Die Hahngriffe müssen aus Holz bestehen, da metallene Griffe zu heiß werden, also nicht mehr angefaßt werden können.

Vor dem Haupthahn zweigt sich, ebenso wie bei der Wasserleitung u. s. w. ein enges Rohr ab, welches zu einem großen, an der Wand des Auditoriums befestigten Manometer führt, an welchem man jederzeit den Kesseldruck ablesen kann.

---

[1]) Besonders widerstandsfähig erweisen sich die Verbundwasserstandsgläser von Schott u. Gen., Glaswerk in Jena. — [2]) Eine passend angebrachte Scheidewand verhindert, daß das Wasser des einströmenden Dampfes in die Ausströmungsleitung hineinspritzen kann. Verschiedene Konstruktionen sind zu beziehen von der Armaturenfabrik vorm. Klein, Becker und Schanzlin in Frankenthal, Pfalz. — [3]) Wird dieselbe feucht, und deshalb besser leitend, so kann sie wegen der vergrößerten Oberfläche des Rohres schädlich wirken.

Solche Manometer sind z. B. zu beziehen von Schäffer und Budenberg in Magdeburg, O. M. Hempel, Manometer- und Armaturenfabrik, Berlin SW., Zimmerstr. 99 (Fig. 44) u. a.

Zum Weiterleiten des Dampfes von den Einsatzröhren im Auditorium dienen entweder Bleirohre mit Verschraubungen oder besser die biegsamen Metallrohre der Deutschen Waffen- und Munitionsfabriken in Karlsruhe. Gewöhnliche Kautschukschläuche sind nur bei ganz schwachem Drucke zu gebrauchen und halten nicht fest genug an den Röhren, an welche sie angesteckt wurden[1]).

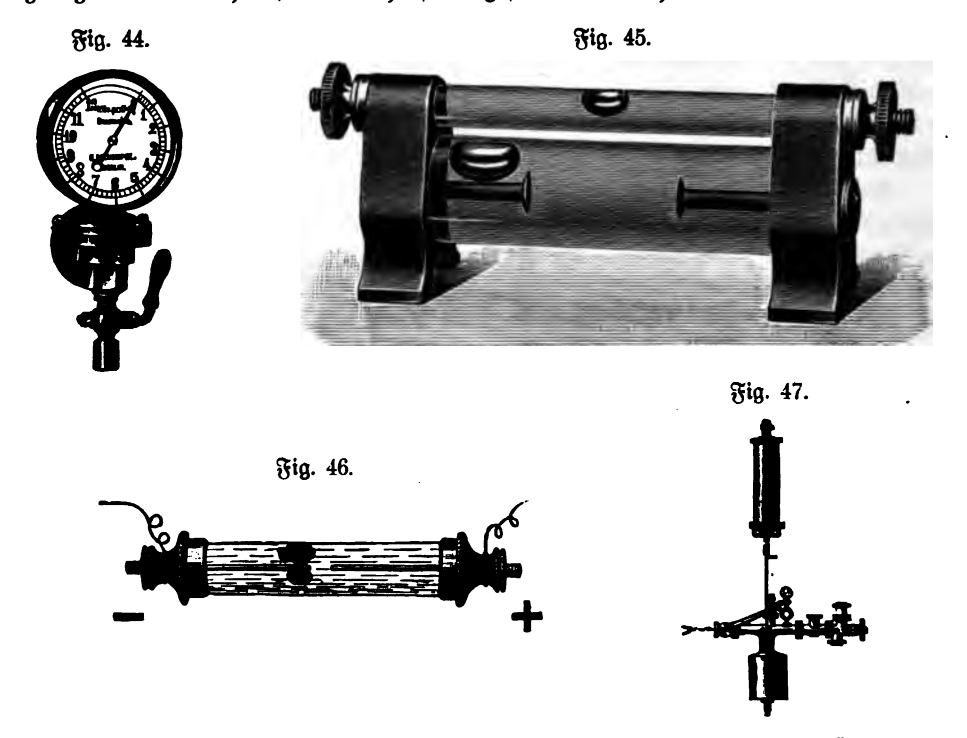


Fig. 44. Fig. 45. Fig. 46. Fig. 47.

Zur Verbindung der Röhren werden Konusverschraubungen mit Überwurfmutter oder (bei größerem Durchmesser) Flanschenverbindung mit Asbestdichtung benutzt. Sehr dicht halten Asbestringe mit Kupferumhüllung.

c) Die Dampfableitung. Den gebrauchten Dampf kann man nicht einfach in die Luft entweichen lassen, da hierdurch die Luft im Auditorium zu feucht würde; man muß ihn also beseitigen, und dies geschieht am einfachsten, indem man ihn durch ein den Fußboden durchdringendes Rohr ableitet, welches genügend lang ist (eventuell in Schlangenwindung sich hin und her zieht), um allen eingeführten Dampf in Wasser zu verdichten und in das Speisereservoir zurückzuleiten. Für starke Dampfströme empfiehlt es sich, einen etwa 2 bis 3 m langen Teil dieser Röhre mit einer weiteren Kühlröhre zu umgeben, welche von kaltem Wasser durch-

[1]) Dampfdruckverminderungsventile liefern Dreyer, Rosenkranz und Droop, Hannover. Einen selbstregelnden Druckverminderer ohne Quecksilberfüllung, welcher jede beliebig hohe Dampfspannung auf jede Minderspannung bis herab zu $^1/_{20}$ Atm. zu reduzieren gestattet und die Minderspannung selbst bei starkem plötzlich wechselnden Dampfverbrauch konstant hält, nach Fig. 47, liefert das Eisenwerk Strehla in Strehla a. E.

flossen wird. Auf solche Weise erhält der Kessel fast die gesamte verdampfte Wassermenge zurück, und der Verbrauch an destilliertem Wasser wird ein geringfügiger.

Leitet man den gebrauchten Dampf in das Wasserabflußrohr, so muß die Einmündung ebenfalls so tief liegen, daß nur Kondensationswasser, kein Dampf, in das Wasserabflußrohr gelangen kann, da dieser anderenfalls wieder aufsteigen und aus den Abflußöffnungen beim Experimentiertisch austreten würde.

12. **Die elektrische Leitung.** Nur in seltenen Fällen wird es möglich sein, elektrischen Strom von der für die gewöhnlichen Versuche passenden Spannung von 65 Volt von einer elektrischen Zentrale zu beziehen. Meist wird die Spannung 110 oder 220 Volt betragen [1]), oder die Zentrale liefert überhaupt nicht Gleichstrom, sondern Wechselstrom oder Drehstrom. In keinem Falle wird man indes auf die Einleitung des Zentralen-Stromes verzichten, da auch ungeeigneter Strom sich mit weniger Umständen in Strom von gewünschter Beschaffenheit transformieren läßt, als dieser direkt durch Motoren und Dynamomaschinen gewonnen werden kann [2]).

Für die Bedürfnisse einer Mittelschule ist eine Stromstärke von etwa 20 Amp. notwendig und ausreichend.

Wir nehmen zunächst an, daß eine solche Transformation des Stromes unnötig sei. Die Zuleitung von der Zentrale erfolgt entweder ober- oder unterirdisch und führt durch Sicherungen zu einem Elektrizitätszähler, von dessen Klemmen die Leitung des Instituts ihren Ausgang nimmt [3]).

Im allgemeinen gilt für die Verlegung der Leitungen von hier aus derselbe Grundsatz, welcher auch für Gas- oder Wasserleitungen maßgebend ist. Sie muß nämlich in ihrer ganzen Ausdehnung derart *zugänglich* sein, daß sie jederzeit geprüft und, wenn nötig, erneuert oder ergänzt werden kann. Man wird also die Kabel womöglich nicht im Mauerverputz, unter dem Fußboden oder in der Erde fortführen, sondern längs den Rändern der Zimmerdecke u. s. w. an Stellen, wo sie möglichst vor Beschädigung geschützt sind.

Zur rascheren Orientierung empfiehlt es sich, positive und negative Leitungen, sei es durch *verschiedenen Anstrich* oder durch von Strecke zu Strecke angehängte Zeichen auf Blechtäfelchen (*Polzeichen*), kenntlich zu machen.

Zur Erkennung, ob in einer Leitung Strom vorhanden ist, und welcher Leitungsdraht der positive oder negative ist, dienen Polsucher und Polreagenzpapiere. Ein *Polsucher* (Fig. 46, E 10, Fig. 45, K 11,5) ist ein kleines Fläschchen oder Glasrohr, in welches zwei Platindrähte als Elektroden eingeführt sind. Dasselbe wird gefüllt mit einer Lösung von 5 g Salpeter in 20 g Wasser und 50 g Glycerin, welcher eine Lösung von 0,5 g Phenolphtalein in 10 g Alkohol beigemischt wird. Werden die beiden Platindrähte mit der Stromleitung in Verbindung gebracht, so färbt sich die Flüssigkeit in der Nähe des negativen Drahtes rot [4]).

---

[1]) Neuerdings werden sogar Zentralen mit $2 \times 220 = 440$ Volt gebaut. Über die Unzweckmäßigkeit solcher Spannungen für die gewöhnlichen Bedürfnisse des Unterrichts siehe *Schellenberg*, die elektr. Anlage der Freiburger Oberrealschule, Progr. 1901/02, S. 10. — [2]) Zuweilen ist allerdings der von Zentralen gelieferte Strom zu teuer oder die Lieferung an unerfüllbare Bedingungen geknüpft. — [3]) Vor dem Eintritt in das Institut soll die Leitung mit einer *Blitzschutzvorrichtung* versehen sein. — [4]) Einen Polsucher mit 20000 Ohm Widerstand liefert *Max Kohl* in Chemnitz zu 11,50 Mk.

Polreagenzpapier wird erhalten, indem man Fließpapierstreifen in eine Lösung von 250 g Salpeter in 1 Liter Wasser eintaucht und nach dem Trocknen in eine Lösung von 5 bis 6 g Phenolphtalein in Alkohol [1]).

Durch die gleichen Mittel können auch in oberflächlicher Weise vorhandener Erdschluß und andere Mängel der Isolation aufgefunden werden, zu deren genauerer Prüfung besonders dazu vorgerichtete Galvanometer, die sogenannten Isolationsprüfer [2]), dienen. Vorschriftsmäßig muß der Isolationswiderstand einer Leitungsstrecke mindestens das Tausendfache der Spannung betragen, also z. B. bei 65 Volt Betriebsspannung 65000 Volt. Bei den Isolationsmessungen soll der negative Pol der Stromquelle an die zu messende Leitung gelegt werden, der positive Pol an die Erde oder die andere Leitung, gegen welche die Isolation geprüft werden soll. Die Spannung der Stromquelle muß mindestens 100 Volt betragen, und die Messung soll erst erfolgen, nachdem die Leitung während einer Minute der Spannung ausgesetzt war, da infolge der Erhitzung schlecht isolierender Stellen deren Widerstand nach und nach immer geringer wird.

Fig. 48.



Ein zu solchen Messungen geeignetes Instrument (Spannungsmesser mit in Ohm geteilter Graduierung) zeigt Fig. 48.

Um eine Leitung jederzeit auf vorhandenen Erdschluß prüfen zu können, kann eine mit derselben und der Erde unter Zwischenschaltung eines Ausschalters verbundene Glühlampe („Erdschlußanzeiger") dienen (Fig. 49), zu beziehen von Voigt u. Häffner, Bockenheim-Frankfurt a. M.

Um den Ort des Fehlers leicht auffinden zu können (am einfachsten mit Hilfe des Polsuchers), empfiehlt es sich, jede längere Leitung in einzelne Teile zu zerlegen, welche durch Klemmschrauben oder Stöpselkontakte miteinander verbunden

[1]) Willes Polreagenzpapier ist zu beziehen von O. May, elektrotechnisches Geschäft in Frankfurt a. M., pro Heft (160 Streifen) zu 75 Pfg. — [2]) Zu beziehen z. B. von Hartmann u. Braun in Bockenheim bei Frankfurt a. M. zu 185 Mk. Es ist ein aperiodischer Spannungsmesser, welcher statt in Volt in Ohm geeicht ist.

sind, um jedes Stück für sich prüfen zu können. Gewöhnlich geschieht dies durch Bleisicherungen, doch wird es sich für physikalische Zwecke empfehlen, die Bleistreifen, insoweit sie nicht vorschriftsmäßig nötig sind (vgl. weiter unten), zu entfernen und durch Kupferstreifen zu ersetzen, um nicht allzu oft durch Unterbrechung der Leitung gestört zu werden[1]).

Bequem zur Erkennung metallischer Verbindung zwischen stromlosen Leitern ist die in Fig. 50 dargestellte Kombination eines Trockenelements mit einem Galvanoskop, sowie die ähnliche Vorrichtung Fig. 51, welche den Widerstand der Verbindung in Ohm zu messen gestattet. Beide Instrumente (Kurzschlußprüfer) sind zu beziehen von Hartmann u. Braun, A.-G., Frankfurt a. M.

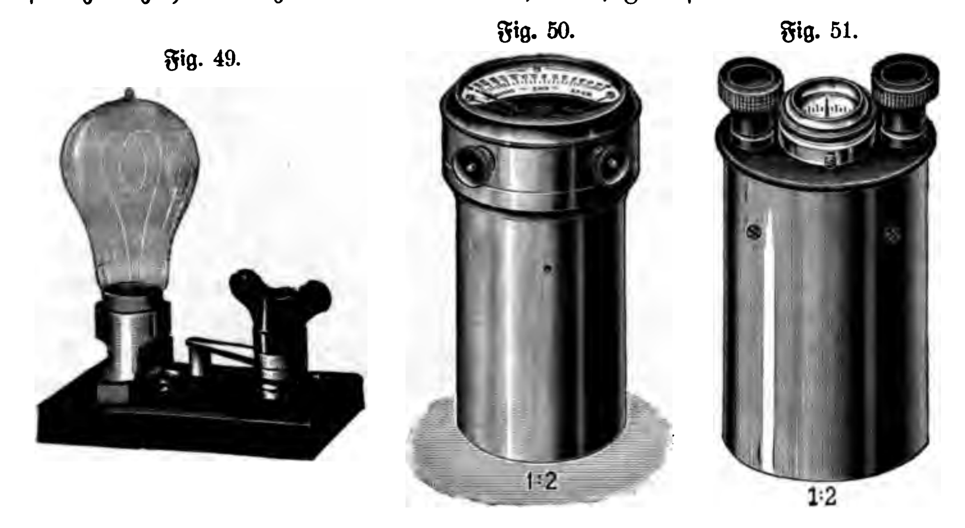


Fig. 49. Fig. 50. Fig. 51.

Die Leitungsquerschnitte müssen betragen für 4, 30, 100, 200, 300, 400, 500, 600, 700, 1000 Ampere, bezw. 1, 10, 50, 120, 200, 310, 400, 500, 625 und 1000 qmm[2]), um unzulässige Erwärmung zu vermeiden. Bezüglich der Berechnung des rentabeln Querschnittes kann auf die Lehrbücher verwiesen werden, da für kleinere Anlagen solche Rechnungen nicht nötig sind.

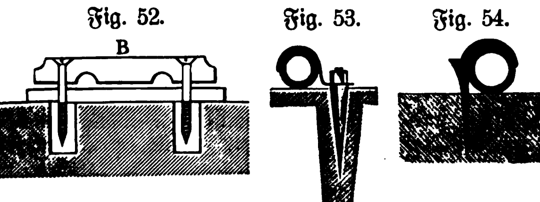


Fig. 52. Fig. 53. Fig. 54.

Als Leitungsmaterial werden zweckmäßig entweder einfache oder asphaltierte und eisenarmierte Bleikabel gewählt, deren Verlegung überall zulässig ist.

Die Kupferseele ist mit Jute umsponnen, gefirnißt und mit Blei umpreßt. Man befestigt sie mit entsprechend ausgeschnittenen Holz- oder Blechkammern (Fig. 52 und 53) direkt an der Wand. Zur Befestigung der eisenarmierten Kabel genügen Rohrhaken (Fig. 54).

---

[1]) Siemens u. Halske liefern Bleisicherungen auf Porzellan mit Bleistreifen in Schutzhülle für Ströme bis 1, 15, 20, 50, 100 Amp. zu 1,30, 2,30, 3,30, 5,20 und 6,40 Mk. — [2]) Der Kupferquerschnitt der dünnsten Kabel beträgt 16 qmm. Die Werkzeugfabrik Alig u. Baumgärtel in Aschaffenburg liefert einen Dickenmesser für Leitungsdrähte, welcher nicht nur die Dicke, sondern auch den Querschnitt und die maximale zulässige Stromstärke ablesen läßt.

Sollen magnetische Wirkungen auf Galvanometer u. s. w. ausgeschlossen sein, so verwendet man konzentrische Kabel, bei welchen die Rückleitung eine die Hinleitung umschließende Röhre bildet.

Erscheint mechanische Verletzung der Kabel ausgeschlossen und nur Beschädigung durch Feuchtigkeit möglich, so genügen asphaltierte Bleikabel, in völlig trockenen Räumen blanke Bleikabel ohne Schutzhülle [1]).

Um zwei Kabelstücke zu verlöten, schneidet man das Bleirohr in einigen Zentimetern Entfernung vom Ende nahezu ganz durch und reißt dann das abgetrennte Bleirohrstück ziehend ab, so daß ein glatter Schnittrand entsteht. Namentlich dürfen nicht etwa beim Bruche entstehende Zacken in die isolierende Masse eindringen. Nun schneidet man in einiger Entfernung davon auch die isolierende Masse weg und umwickelt das Ende derselben mit harzgetränktem Faden, damit es sich nicht auflösen kann. Das hervorragende Kupferdrahtende wird schief abgefeilt und mit dem ebenso behandelten anderen Ende verlötet, nachdem man zuvor über das eine Ende des Bleirohres ein Stück weiteres Bleirohr geschoben hat, welches genügend lang ist, um nachher die ganze Lötstelle vom einen Bleirohrende bis zum anderen zu überdecken, und dabei noch 5 bis 10 cm übergreift. Beim Löten muß man reine Hände haben und verwendet Stearin statt Lötwasser. Schließlich wird die Lötstelle mit der Feile sauber gemacht, wieder etwas erwärmt und mit einer Mischung von Schellack und Kautschuk oder Guttapercha sorgfältig überzogen, bis die Dicke der Schicht die Dicke des Bleirohres erreicht hat. Nun schiebt man das etwas erwärmte weitere Bleirohr über und lötet es schließlich an beiden Enden mit einem kleinen Lötkolben an.

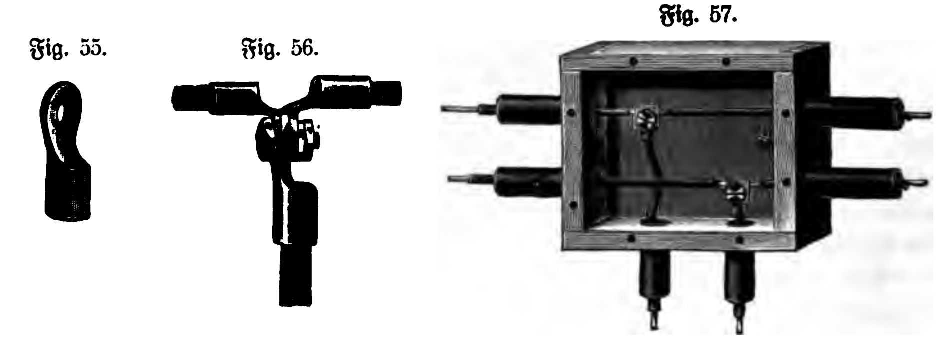


Fig. 55. Fig. 56. Fig. 57.

Zu Abzweigungen und Verbindungen bei Kabeln werden gußeiserne Muffen benutzt, welche nach dem Verlöten der Leiter mit Isoliermasse ausgegossen werden.

Ebenso müssen die Enden von Bleikabeln jeder Art mit besonderen Muffen oder Endverschlüssen versehen sein, welche das Eindringen von Feuchtigkeit

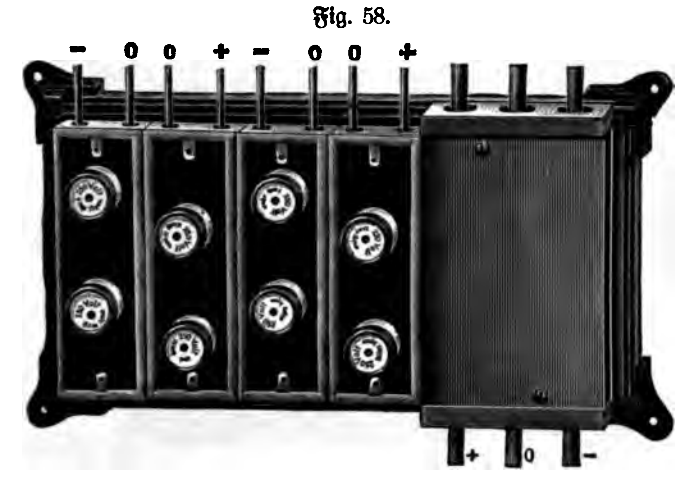
[1]) Kabel sind zu beziehen: Von Siemens u. Halske in Berlin, Markgrafenstr. 94; Felten u. Guilleaume in Mülheim a. Rh. (Karlswerk); Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft, Aktiengesellschaft, Berlin; Kabelwerk Rheydt, Aktiengesellschaft, Rheydt (Rheinpreußen); Deutsche Kabelwerke vorm. Hirschmann u. Co., Akt.-Ges., Rummelsburg bei Berlin; Dr. Cassirer u. Co., Kabel- und Gummiwerke, Charlottenburg-Berlin; Süddeutsche Kabelwerke, Akt.-Ges., Mannheim-Neckarau; Kabelwerk Duisburg, Duisburg a. Rh. Die Kabel haben Querschnitte von 16, 25, 35, 50, 70, 95, 120, 150, 185, 240, 310, 400, 500, 625, 800 und 1011 qmm. Blanke Bleikabel kosten 154 bis 875 Mk. pro Kilometer.

verhindern. Sie werden ferner mit **Kabelschuhen** (Fig. 55 und 56) versehen, welche in bequemer und sicherer Weise die Herstellung der erforderlichen elektrischen Anschlüsse gestatten. Einen **Abzweigkasten** für dünne Kabel zeigt Fig. 57 [1]).

Fig. 58 stellt einen Abzweigkasten für mehrere von einer Hauptleitung bei Dreileitersystem abzuzweigende Seitenleitungen dar [2]).

Um bei solchen **Mehrleitersystemen** den Stromverlauf leicht übersehen zu können, denkt man sich am einfachsten als Stromquelle eine galvanische Batterie. Für das in Fig. 58 dargestellte Dreileitersystem ist die + Leitung an den + Pol, die — Leitung an den negativen und die 0 Leitung in der Mitte angeschlossen zu denken.

Fig. 58.



Wenn nun auch die Kabel das zuverlässigste Material für Leitungen darstellen, so ist ihre Anwendbarkeit zu den hier vorliegenden Zwecken doch eine beschränkte, insofern nicht nur der Preis ein sehr hoher ist, sondern auch die Herstellung neuer Abzweigungen und überhaupt von Änderungen in der Verlegung mit besonderen Schwierigkeiten verbunden ist. Soweit tunlich, wird man also ohne Bleikabel lediglich mit isolierten Drähten oder Litzen, eventuell auch mit blanken Leitungen auszukommen suchen.

Längere blanke Leitungen dürfen nur auf **Porzellanglocken** [3]), wie sie bei Telegraphenleitungen gebräuchlich sind, oder gleichwertigen Vorrichtungen verlegt

[1]) Kabelschuhe in verschiedenen Formen, gerade und winkelförmig umgebogen, liefert das Frankfurter Metallwerk J. **Patrick**, Frankfurt a. M., zu 0,2 bis 4,4 Mk. für Stromstärken von 30 bis 600 Amp. Dieselbe Firma liefert Verbindungsstücke zum Einlöten oder Einschrauben von Kabelenden von ähnlicher Form, wie die zum Verbinden von Gas- oder Wasserröhren, und zwar Muffen, Winkelstücke, T-Stücke, Kreuzstücke, Winkel mit Abzweigung, T- und Kreuzstücke mit Abzweigung für Stromstärken von 60 bis 600 Amp. zum Preise von 0,8 bis 1,05 Mk. Die Abbildungen entstammen dem Katalog von **Siemens** u. **Halske**. — [2]) Zu beziehen von **Carl Borg**, Leipzig, Gerberstr. 19. — [3]) Zu beziehen z. B. von **Mix** und **Genest** in Berlin zu 28 bis 100 Mk. pro 100 Stück. Sockelisolatoren liefert **H. Kentsch**, Meißen i. S., 100 Stück zu 10 Mk. Blanke Kupferdrähte liefert das Heddernheimer Kupferwerk vorm. **A. Hesse** u. **Sohn**, Heddernheim bei Frankfurt a. M., das Kilogramm zu 2 Mk. Blanke biegsame Seile aus sieben Drähten von 0,43 bis 0,68 mm Durchmesser kosten 30 bis 64 Mk. pro Kilometer, dieselben umsponnen zu 63 bis 112 Mk., Seile mit 19 Drähten von 0,52 bis 0,68 mm 113 bis 153 Mk., Seile aus 189 bis 271 Drähten von 0,68 mm Durchmesser 1870 bis 2530 Mk. pro Kilometer.

werden und müssen mindestens 10 cm voneinander, sowie von der Wand, bezw. von Gebäudeteilen entfernt sein. Man verwendet sie zweckmäßig nur in unzugänglicher Höhe, wo Berührung durch Unberufene, oder beim Transport hoher Geräte ausgeschlossen erscheint [1]).

Fig. 59.



Zum Geradeziehen der Drähte bedient man sich eines kleinen Flaschenzuges mit Froschklemme (Fig. 59). Die Befestigung auf den Isolatoren erfolgt erst nach dem Geradeziehen.

Fig. 60. Fig. 61.

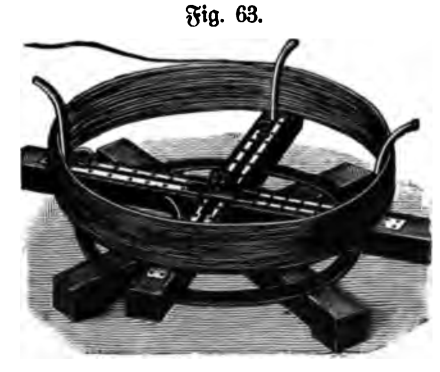


Fig. 62.



Man verwendet dazu weichen Bindedraht nach Anleitung von Fig. 60 und 61. Die Verbindung von Drähten untereinander erfolgt nach Fig. 62 durch Umwickeln mit weichem Kupferdraht und nachheriges Verlöten. Damit sich der Draht beim Aufrollen nicht verdrillt, läßt man ihn von einem Haspel (Fig. 63) ablaufen [2]).

Fig. 63.



Forée Bain schiebt bei Verbindung von blanken Leitungsdrähten die blank gemachten, mit Lötwasser bestrichenen Drahtenden in eine dazu passende Muffe, welche seitlich mehrfach durchbohrt ist, erhitzt und bringt Zinn auf, welches sich beim Schmelzen in das Innere der Muffe hineinzieht und eine sehr vollkommene dauerhafte Verbindung herstellt. Nach Abschaben des überflüssigen Lotes erhält die Verbindung auch ein sauberes Aussehen (Fig. 64).

Um Leitungsdrähte ohne Lötung zu verbinden, kann man sich der von Gustav Conz in Hamburg zu beziehenden verzinnten Röhrchen (nach Arld) bedienen, welche einfach auf die zu kuppelnden Drähte aufgeschoben und mit einer besonderen Zange aufgepreßt werden. Noch einfacher sind die Nietverbinder von

[1]) C. A. Schaefer in Hannover liefert Isolierrollen mit Klemmschelle zur Befestigung an Gasrohren. (100 Stück zu 16 Mk.) — [2]) Zu beziehen von W. Kücke u. Co., Elberfeld.

J. W. Hofmann, Fabrik elektr. Apparate, Kötzschenbroda b. Dresden, bei welchen die Befestigung der Drähte in dem mit Ausbauchungen versehenen Röhrchen durch quer zwischen den Drähten durchgetriebene Nieten erfolgt.

Bei allen Wanddurchgängen, insbesondere durch hölzerne Wände, müssen feuersichere und isolierende Einführungsstücke oder Röhren benutzt werden [1]) (Fig. 65 und 66).

Soll die Leitung von einem Isolator aus rechtwinkelig nach oben oder unten gehen, so läßt man sie am Isolator endigen und lötet eine in der betreffenden Richtung abgehende Zweigleitung daran (Fig. 66). Soll die Leitung durch eine

Fig. 64.

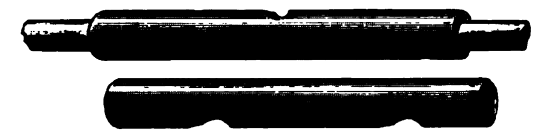
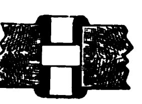
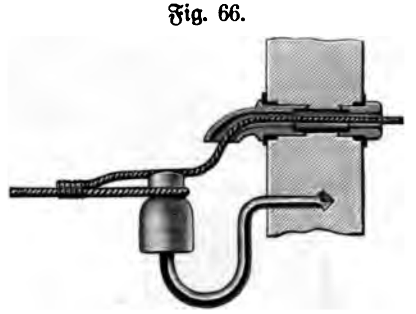


Fig. 65.



Wand geführt werden, so wird dort ein geräumiges Fenster ausgebrochen, welches mit Holz ausgekleidet und durch einen aus einzeln abnehmbaren Lamellen bestehenden aufzuschraubenden Holzdeckel geschlossen wird. Da sich mit der Zeit die Zahl der Leitungen vermehrt, ist es zweckmäßig, solche „Mauerkästen“ an allen oberen Ecken der Zimmerwände vorzusehen, falls gerade Maurerarbeiten in einem Zimmer ausgeführt werden.

Fig. 66.



Kann die Leitung nicht in unzugänglicher Höhe geführt werden, so nimmt man isolierte Drähte oder Seile, sogenannte Gummibandleitungen oder Schnüre [2]). Bei ersteren betragen die gebräuchlichen Kupferquerschnitte 0,75, 1,0, 1,5, 2,5, 4, 6, 10, 16, 25, 35, 50, 70, 95, 120 und 150 qmm; bei den Schnüren 0,75, 1,0, 1,5, 2,5 und 4 qmm. Die Querschnitte der einzelnen Leiter betragen bei ersteren 0,75 bis 16 qmm. Die Kupferseele der Schnüre besteht aus feuerverzinnten Kupferdrähten von höchstens 0,3 mm Durchmesser, welche miteinander verseilt sind. Dieselbe ist mit Baumwolle umsponnen, sodann mit Paraband umwickelt und darüber nochmals mit Baumwolle; darüber befindet sich noch eine Umklöppelung aus widerstandsfähigem Material.

Diese isolierenden Leitungen werden nach Anleitung von Fig. 67 und 68 mit weichem Bindedraht an Isolierknöpfe aus Porzellan, welche auf eingegipste Dübel an-

[1]) Siemens u. Halske liefern Porzellanröhren von 16, 22, 30 und 40 mm Durchmesser zu bezw. 3, 4, 8 und 15 Pfg. — [2]) Leitungen mit Umspinnung und getränkter Umklöppelung kosten 50 bis 610 Mk. pro Kilometer. Gummibandleitungen eignen sich für Spannungen bis 250 Volt. Die Preise für einfache Leitungen pro 1000 m sind ungefähr:

qmm	0,75	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150
Mk.	77	87	109	142	194	256	360	535	830	1090	1500	2030	2720	3370	4190

Gummiaderleitungen sind zu gebrauchen bis 1000 Volt Spannung. Die Preise einfacher Leitungen sind etwa:

qmm	0,75	1	1,5	2,5	4	6	10	16	25	35	50	70	95	120	150
Mk.	140	166	190	267	330	407	624	850	1260	1570	2150	3000	3900	4630	5700.

geschraubt sind, befestigt. Die Entfernung zwischen zwei Isolierknöpfen soll 50 bis 80 cm betragen [1]), die Entfernung von der Wand 1 cm. Mehrere Rollen nebeneinander können an einem eisernen Halter (Fig. 68) angebracht sein, welcher direkt eingegipst wird.

In ganz trockenen Räumen genügt es, die Leitungen mittels Porzellanklammern (Fig. 69), welche zugleich Hin- und Rückleitung einklemmen, zu befestigen [2]) oder zusammengedrehte Schnüre mit Porzellanringen zu verwenden (Fig. 70).

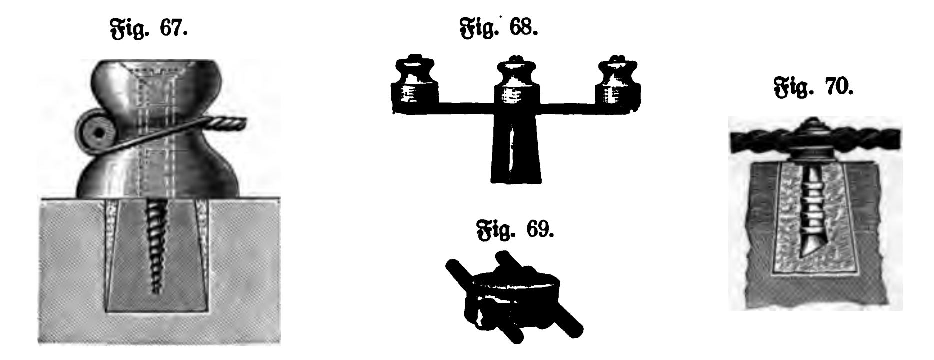


Fig. 67. Fig. 68. Fig. 69. Fig. 70.

Man achte auch bei Führung der Leitungen darauf, daß dieselben beim Neuanstreichen oder Tapezieren der Wände nicht abgenommen werden müssen.

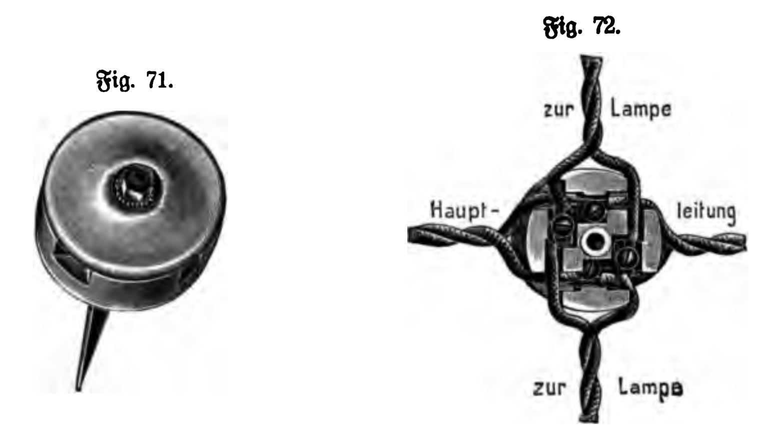


Fig. 71. Fig. 72.

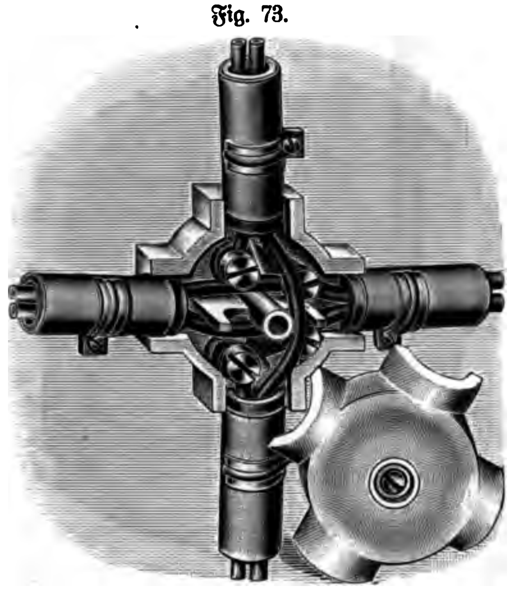
Jedenfalls müssen die Leitungen auch nach der Verlegung in ihrer ganzen Ausdehnung derart zugänglich sein, daß sie jederzeit geprüft und ausgewechselt werden können. Bei Verbindungen und Abzweigungen muß die Verbindungs-

[1]) Mix u. Genest liefern solche Isolierrollen zu 1 bis 3 Mk. pro 100 Stück, Porzellanisolatoren auf eiserner Stütze zu 0,55 bis 1,25 Mk. Isolatoren aus Hartporzellan liefert z. B. die Porzellanfabrik Hermsdorf-Klosterlausnitz, S.-A. Isolationsmaterialien verschiedenster Art sind zu beziehen von der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft in Berlin. J. Boeddinghaus in Düsseldorf liefert Doppelspiralen aus Draht, in welche sich Holzschrauben wie in Dübel einschrauben lassen, und welche leichter und sauberer eingegipst werden können als die Dübel. — [2]) Solche Universalklemmen aus Porzellan liefern Siemens u. Halske für Leitungen von 16, 50 und 95 qmm Querschnitt zu 0,40, 0,55 und 1,25 Mk. Bleidübel mit verzinnten Schrauben, sowie gußeiserne Dübel sind zu beziehen von H. Köttgen u. Co., Maschinenfabrik, Berg-Gladbach.

stelle durch Umwickeln mit Isolierband und dergleichen [1]) dem schützenden Überzug möglichst gleichwertig isoliert werden. Beim Löten darf kein Lötwasser, sondern nur Kolophonium oder ein ähnliches Lötmittel verwendet werden, welches das Metall nicht angreift. Zweckmäßig sind auch Abzweigdosen aus Porzellan (Fig. 71 und 72), in welchen die Verbindung der Leitungen einfach durch Schrauben bewirkt wird [2]).

Als Durchführungsrohre zur Durchführung der Leitungen durch Wände nimmt man Hartgummirohre. Sie müssen an den Enden mit feuersicherem Isoliermaterial versehen und so weit sein, daß die Drähte leicht darin bewegt werden können. Über Fußböden müssen die Rohre mindestens 10 cm vorstehen und gegen mechanische Schädigungen sorgfältig geschützt sein. Es geschieht dies am besten dadurch, daß die Steigleitungen bis zu erreichbarer Höhe in Isolierröhren mit Messingüberzug oder Stahlpanzer [3]) verlegt werden. In ein solches Rohr können höchstens drei Drähte eingezogen werden.

Fig. 73.



Zur Aufnahme von zwei Leitern von 6 qmm ist ein Isolierrohr von 16 mm nötig. In ein solches läßt sich auch eine einzelne Kupferdrahtlitze von 16 qmm einziehen.

Drahtverbindungen innerhalb der Rohre sind nicht statthaft. Wo Abzweigungen nötig sind, werden Abzweigdosen (Fig. 74) eingeschaltet.

Die früher häufig übliche Verlegung von Drähten in Holzleisten statt in Isolierröhren ist in neuerer Zeit nicht mehr gestattet.

Die Leitungen vollständig in Isolierrohren zu verlegen, empfiehlt sich nicht für physikalische Institute, da zu häufig Änderungen an der bestehenden Installation notwendig werden.

Jedenfalls muß die lichte Weite der Rohre, die Zahl und der Radius der

---

[1]) Isolierband (Gummibastfilz, 1,25 bis 1,35 Mk. pro Meter) und Gummistreifen zu gleichem Zwecke (16 bis 18 Mk. pro Kilogramm) liefert J. Wilfert in Köln. Siemens u. Halske liefern Isolierband von 10 bis 80 mm Breite und 120 m Länge zu 1,20 bis 7,60 Mk., Hartgummirohre von 1 m Länge und 9, 15, 20 und 25 mm lichter Weite zu 0,40, 0,70, 1,25 und 1,50 Mk. Als Spezialität fabrizieren dieselben H. Schwieder, Sächsische Gummi- und Guttaperchawarenfabrik, Dresden N. und Vorwerk u. Sohn, Barmen (auch biegsame Isolierrohre). — [2]) Zu beziehen von Siemens u. Halske in Berlin, Carl Borg, Leipzig, Gerberstr. 19. u. a. — [3]) Zu beziehen von Bergmanns Elektrizitätswerk, Akt.-Ges., Berlin N., Henningsdorferstr. 33 bis 35; ferner von Gebrüder Adt, Akt.-Ges., Ensheim (Pfalz); Hartmann u. Braun, Frankfurt a. M., Akt.-Ges. (Stahlrohre); Rich. u. Gerhard Bermann, Rixdorf-Berlin, Bergstr. 55 bis 56 („Ideal-Isolierrohre"); Nürnberger Herkuleswerke, Akt.-Ges., Nürnberg (Stahlpanzerrohre).

Krümmungen, sowie die Anzahl und Lage der Verbindungsdosen so gewählt sein, daß man die Drähte leicht einziehen und entfernen kann. Zu beachten ist ferner,

Fig. 74.



daß die Isolierröhren mit Gefälle gelegt werden müssen, so daß sich nirgendwo Wasser ansammeln kann.

Ist es notwendig, eine Leitung unter Putz zu verlegen, so benutzt man Gummiröhren.

Leitungen, welche stärkere Ströme führen, müssen so angelegt sein, daß keine Stromflächen entstehen können, von welchen magnetische Kräfte ausgeübt werden. Soweit sie nicht als konzentrische Kabel oder Hin- und Rückleitung enthaltende Gummibandschnüre ausgeführt sind, legt man Hin- und Rückleitung tunlichst dicht zusammen und läßt sie sich von Strecke zu Strecke überkreuzen. Der Abstand darf aber nirgendwo kleiner als 1 cm sein.

13. Die Schalttafelanlage. a) Die Schaltbretter. In der beschriebenen Art werden die Leitungen geführt vom Elektrizitätszähler bis zu dem Schaltbrett, welches, wie schon bemerkt, nicht aufdringlich in der Mitte des Experimentierraumes angebracht werden soll. Hier beginnen alle Gebrauchsleitungen, so daß durch die Mannigfaltigkeit der Leitungen die Einrichtung eine sehr verwickelte wird, in welcher man sich nur schwer zurecht finden kann, falls das Schaltbrett nur geringe Ausdehnung besitzt. Es empfiehlt sich deshalb, alles, was nicht unbedingt in dem Auditorium sein muß, zu einem anderen Schaltbrett zu führen, als welches sich besonders die Decke der Versenkung unter dem Auditorium eignet.

Jedenfalls muß sich ein Hauptausschalter außerhalb des Auditoriums (zweckmäßig neben dem Haupthahn der Gasleitung) befinden, um die Leitungen im Auditorium von außen stromlos machen zu können.

Zweckmäßig malt man sich da, wo die einzelnen Leitungen endigen, den Apparat an, von welchem sie kommen (Rheostat, Strommesser u. s. w.), so daß man leicht übersehen kann, welche Verbindungen hergestellt sind, und welche etwa noch fehlen oder beseitigt werden müssen.

Als Platz für die Schaltanlage im Auditorium eignen sich besonders die Nischen hinter den beiden Seitentafeln, in welchen auch weit hervorragende Ausschalter Raum haben, so daß nicht wie bei frei angebrachten Schaltbrettern durch Anstoßen an dieselben bei raschem Vorübergehen Unheil angerichtet werden kann, und ganz besonders deshalb, weil die Schaltanlage durch Herunterziehen der Tafeln mit einem Griff verdeckt und, falls ein Schloß vorhanden ist, für Unbefugte unzugänglich gemacht werden kann.

Bei der bekannten Neigung eines jeden Menschen, an jeder sichtbaren Kurbel zu drehen, erscheint eine solche Sicherung nicht überflüssig.

Die Leitungen der Stromquelle auf den Schaltbrettern endigen in Endstücken (Anschlußdosen, Fig. 75) mit konischen Bohrungen, in welche entsprechende Stöpsel zur Herstellung der Verbindung mit den Verteilungsleitungen eingesteckt werden können. Auch diese endigen dort in gleichartigen Endstücken [Steckkontakten, Fig. 76] [1]).

Die Verbindung beider Leitungen wird nur an einem Pole direkt hergestellt, zwischen die beiden anderen Enden wird die ebenfalls in gleichartige Endstücke auslaufende Rheostaten- und Ausschalterleitung eingefügt, welche auch die Meßinstrumente und Sicherungsvorrichtungen enthält (Fig. 78).

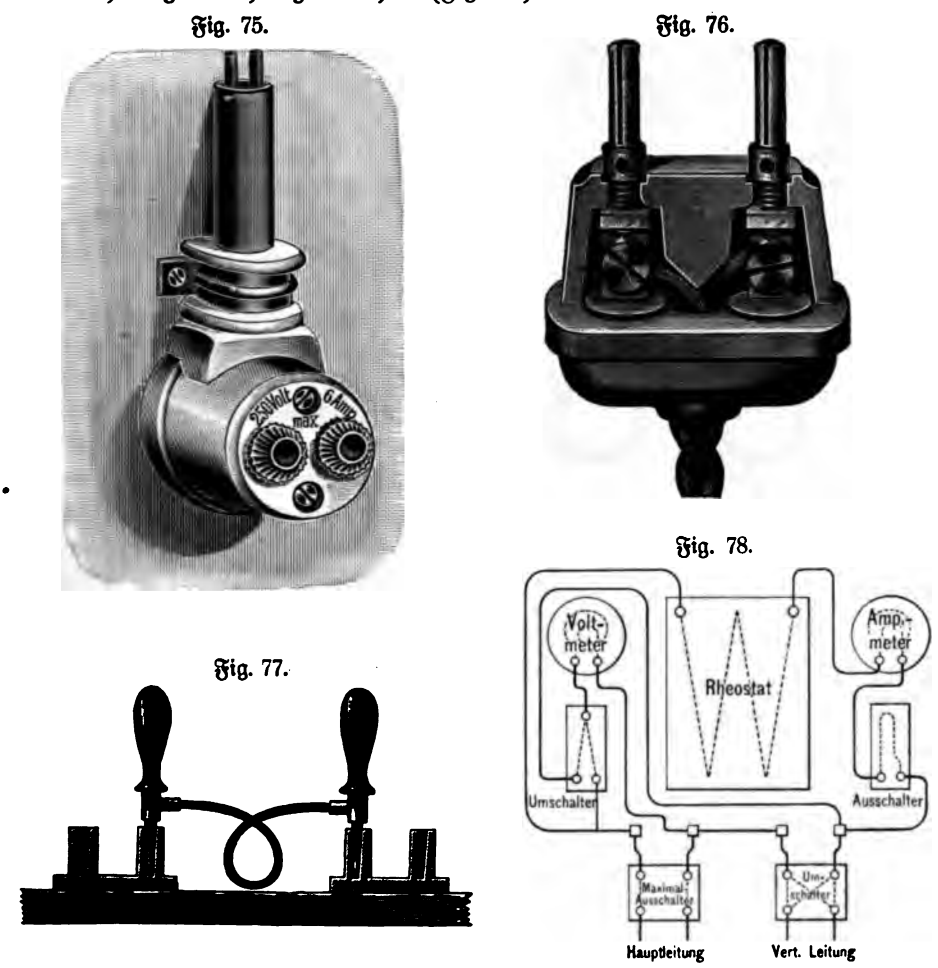


Fig. 75. Fig. 76. Fig. 77. Fig. 78.

Zur Herstellung der Verbindung benutze ich (seit 14 Jahren) biegsame Kabel oder Leitungsschnüre, welche in einen konischen Stöpsel eingelötet sind, der mit einem genügend großen isolierenden Griff versehen ist, um leicht in eine der genannten konischen Bohrungen eingesetzt oder wieder herausgezogen werden zu können. (Fig. 77.)

[1]) Zu beziehen z. B. von Carl Borg, Leipzig, Gerberstraße 19.

Die Endstücke enthalten je zwei solcher Stöpsellöcher, um für den Fall, daß das eine durch ein Versehen bei Herstellung der Verbindungen angeschmolzen und dadurch unbrauchbar gemacht werden sollte, sofort ein zweites zur Verfügung zu haben, und auch um leicht irgend welche Kontrollinstrumente oder Nebenschlüsse ansetzen zu können.

Die Rheostatenleitung enthält, wie Fig. 78 zeigt, auf der einen Seite einen Rheostaten zur Regulierung der Stromstärke, auf der anderen Seite zu unterst den Ausschalter, darüber den Strommesser und schließlich die Sicherung. Ferner ist mit dem einen Ende die Voltmeterleitung verbunden, deren anderes Ende zu einem Umschalter geführt ist, der ermöglicht, eine Verbindung entweder mit dem freien Ende der Stromquelle, oder mit dem anderen nicht mit diesem verbundenen Ende der Verteilungsleitung herzustellen, um so rasch nacheinander sowohl die Spannung der Stromquelle, wie auch die Klemmenspannung der Verteilungsleitung beobachten zu können.

Häufig kommt man in die Lage, mit zwei Strömen arbeiten zu müssen, die sich unabhängig voneinander regulieren lassen. Aus diesem Grunde müssen zwei Rheostatenleitungen vorhanden sein und dem entsprechend zwei Schaltbretter, das eine rechts, das andere links von der Mitteltafel.

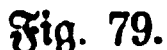




Fig. 79.

Als Material für die Schalttafeln ist Holz nur als Gerüstmaterial, nicht aber als isolierende Unterlage zulässig. Gewöhnlich werden Marmorplatten[1]) benutzt oder emaillierte Eisentafeln[2]), auf welche besondere Isolatoren aus Porzellan oder Ebonit aufgeschraubt sind zur Befestigung der Leitungsenden, sowie der Apparate. Auf der Rückseite sollen sich keine Leitungen befinden. Da, wo Leitungen sich kreuzen, was möglichst zu vermeiden ist, muß die eine (aus unbiegsamem Material hergestellte) in mindestens 1 cm Entfernung frei vor der anderen vorbeigeführt werden.

Schalttafeln einfachster Art zeigen die Figuren 79 (E, 180 für 40 Volt und 20 Amp.) und 80 (K, 460 für 110 bis 160 Volt und 12 bis 24 Amp.), der auf der Rückseite befindliche Rheostat läßt sich vermittelst des dreipoligen Umschalters und des Nebenschlußausschalters als Vorschalt- und Abzweigwiderstand gebrauchen.

b) Die Rheostaten. Als Rheostaten für stärkere Ströme verwendet man spiralig gewundene dicke Nickelin-, Neusilber- oder Eisendrähte, oder zickzackförmige

---

[1]) Leppin u. Masche, Berlin, wählen Schiefer, da Marmor mit der Zeit unansehnlich wird. — [2]) Zu beziehen von dem Eisenwerk in Gaggenau in Baden.

Windungen von bandartigem Drahtnetz. Dieselben werden auf feuersicherem, gut isolierendem Material montiert und mit einer Schutzhülle aus feuersicherem Stoff umkleidet. Sie werden durch starke Kupferdrähte mit Messingknöpfen in Verbindung

Fig. 80.

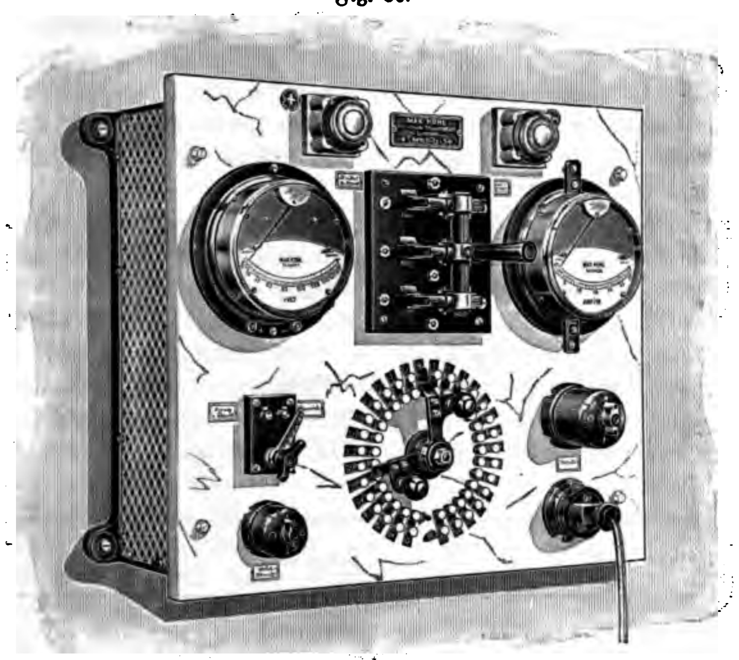


Fig. 81.

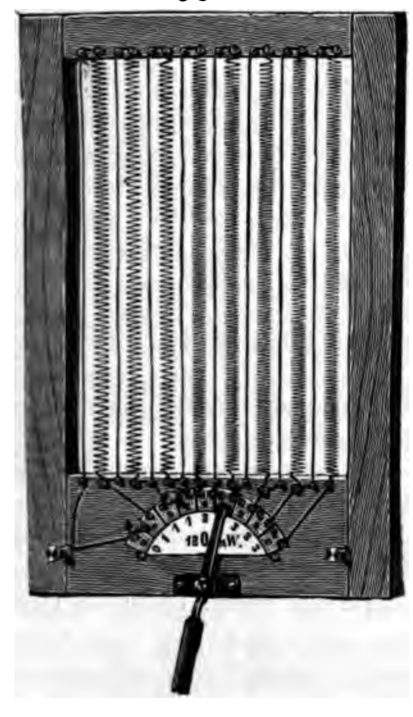


Fig. 82.



gesetzt, die auf der Vorderwand des den Rheostaten enthaltenden Kastens in kreisförmiger Ordnung angebracht sind. In der Mitte dieses Kreises ist eine federnd auf den Knöpfen schleifende Kurbel mit Holzgriff angebracht, durch deren Drehung man somit eine Windung des Rheostaten nach der anderen in den Stromkreis einschalten und dadurch die Stromintensität bis zu gewissem Grade beliebig vermindern, ebenso rasch auch durch Zurückdrehen wieder beliebig vermehren kann. Die Kurbel berührt beim Übergleiten von einem Knopf auf den nächsten vor dem Verlassen des ersten bereits den zweiten, so daß Unterbrechungsfunken vermieden werden. Zweckmäßig ist, wenn neben jedem Knopf verzeichnet ist, wieviel Widerstand demselben entspricht.

Die Berechnung eines solchen Rheostaten gibt K. Strecker[1]). Er macht mit Recht darauf aufmerksam, daß Anfänger gewöhnlich übersehen, daß dafür nicht das Ohmsche Gesetz allein maßgebend ist, sondern namentlich auch das Joulesche Gesetz, da die Energie im Rheostaten in Wärme umgesetzt, derselbe also heiß, ja sogar sehr heiß wird, falls die Drähte zu dünn genommen werden. Aus dem gleichen Grunde muß bei Berechnung des Widerstandes auch die Temperatur in Betracht gezogen werden. Die spezifischen Widerstände ϱ, bezogen auf Ohm, und $\Delta\varrho$, die Änderung von ϱ pro ein Grad, sind für die gebräuchlichen Widerstandsmaterialien die folgenden:

Bezugsquelle	Material	Spezifischer Widerstand	Temperaturkoeffizienten
Basse u. Selve, Altena	Patentnickel	0,34	0,00017
" "	Konstantan	0,50	0,00003
" "	Nickelin	0,41	0,00002
Fleitmann, Witte und Co., Schwerte	Widerstandsdraht Superior	0,86	0,00073
" "	Ia, Ia, hart	0,50	0,00001
" "	Neusilber IIa, hart	0,34	0,00017
W. C. Heraeus, Hanau	Platiniridium, hart	0,37	0,00059
Isabellenhütte, Dillenburg ..	Manganin	0,42	± 0,00001
Fr. Krupp, Essen (Ruhr)	Kruppin	0,85	0,00008
Dr. Geitners Argentanfabrik (F. A. Lange)	Rheotan	0,47	0,00023
	Nickelin	0,40	0,00022
Auerhammer, Sachs. (Berlin C., Seydelstr. 14)	Extra Prima	0,30	0,00035

Für Kupfer ist der spezifische Widerstand gleich 0,018 bis 0,02, für Eisen 0,1 bis 0,13.

Der Rheostat wird in zwei verschiedenen Weisen benutzt, nämlich zur Regulierung der Stromstärke und zur Regulierung der Spannung.

c) Berechnung der Vorschaltrheostaten (Stromregulatoren). Die meisten physikalischen Apparate haben sehr geringen inneren Widerstand, so daß man ihre Klemmenspannung im Verhältnis zu der der Stromquelle, welche gewöhnlich 110 Volt beträgt, vernachlässigen kann. Der Widerstand der einzelnen Rheostatenabteilungen ergibt sich also einfach nach dem Ohmschen Gesetz, indem man die Spannung durch die Stromstärke dividiert.

[1]) Strecker, Z. 11, 8 (1898).

Soll beispielsweise ein Strom von höchstens 20 Amp. entnommen werden, so muß der Rheostat eine Abteilung von 110 : 20 = 5,5 Ohm enthalten, die 20 Amp. verträgt und niemals ausgeschaltet werden kann. Soll der Strom sich ferner regulieren lassen auf 16, 12, 9, 6, 4, 2, 1 und 0,5 Amp., so muß sich der Widerstand vermehren lassen auf 6,9, 9,2, 12,2, 18,3, 27,5, 55, 110 und 220 Ohm, d. h. es müssen Widerstandsabteilungen zugeschaltet werden im Betrage von 1,4, 2,3, 3,0, 6,1, 9,2, 27,5, 55 und 110 Ohm. Mit Rücksicht auf die Erwärmung und die Leichtigkeit der Herstellung empfiehlt es sich, wenn etwa für das betreffende Material der spezifische Widerstand gleich 0,45 ist, die erste Abteilung von 5,5 Ohm aus vier parallel geschalteten Drähten von je 62,8 m Länge herzustellen, von welchen zwei 1,4 mm und die beiden anderen 1,1 mm stark sind; die zweite Abteilung wird gebildet von vier parallel geschalteten Drähten von 1,1 mm Durchmesser und 12,5 m Länge; die dritte enthält zwei parallel geschaltete Drähte, 15,8 m lang und 1,4 mm dick; die vierte zwei parallele Drähte, den einen von 1,4 mm, den anderen von 1,1 mm, beide 17,5 mm lang; für die fünfte bis neunte Abteilung werden einfache Drähte verwendet von beziehungsweise 1,4, 1,1, 0,7, 0,5, 0,5 mm Durchmesser und 21,1, 20,6, 23,6, 24,2, 48,4 m Länge. Die Drähte von 1,4 und 1,1 mm Stärke lassen sich zu Spiralen von 2 cm lichtem Durchmesser und 6 mm Ganghöhe, der Draht von 0,7 mm zu Spiralen von 1,5 cm Durchmesser und 4 mm Ganghöhe, der von 0,5 mm zu Spiralen von 1 cm Durchmesser und 3 mm Ganghöhe wickeln.

Fig. 83.

Um diese Spiralen anzubringen, empfiehlt sich ein aus 5 cm breiten Buchenholzstäben zusammengefügter Rahmen von 8 cm Höhe und 84 cm Breite. Zur Befestigung der Drähte werden, wie aus Fig. 83 zu ersehen, in Abständen von je 4 cm oben und unten kräftige Messingschrauben eingedreht, und zwar auch auf der Rückseite, wobei die Schrauben auf der letzteren in den Zwischenräumen der auf der ersteren sitzen. Ein solcher Rahmen dient zur Aufnahme der ersten Abteilung, welche aus 4 × 9 Spiralen von 70 cm Länge besteht, von denen die Hälfte auf der Vorder- und die andere Hälfte auf der Rückseite Platz findet. Ein zweiter Rahmen enthält die übrigen Abteilungen, nämlich auf der Vorderseite, wie in Fig. 83 dargestellt. Die zweite Abteilung besteht aus acht Spiralen von 63 cm Länge, welche auf 70 cm ausgestreckt werden. Die dritte mit fünf Spiralen von je 62 cm, von welchen zwei Halbspiralen übrig bleiben und die vierte aus zweieinhalb Spiralen. Auf der Rückseite befinden sich die Abteilungen fünf, sechs, sieben und acht aus je drei Spiralen bestehend. Die noch übrigen sechs Spiralen reichen aus, den Widerstand auf 220 Ohm zu er-

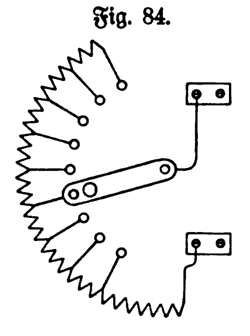


Fig. 84.

gängen. Die Drähte, welche zu den Kontaktknöpfen für die Kurbel führen, sind in Fig. 83 durch dicke Linien angedeutet, in Fig. 84 schematisch [1]).

Natürlich müssen die Kontaktknöpfe mit Rücksicht auf die starke Erwärmung infolge der Unvollkommenheit des Kontakts um so breiter gewählt werden, je höher die Stromstärke ist. Beim Gebrauch gewöhne man sich daran, die Kurbel jeweils vor dem Unterbrechen des Stromes auf den letzten Knopf zu rücken, nicht nur damit der Unterbrechungsfunke möglichst klein werde, sondern daß beim Wiederschließen zunächst nur ein minimaler Strom in den Apparat eintreten kann.

Ist der Widerstand des Apparates nicht wie oben angenommen gleich 0 zu setzen, so modifiziert sich natürlich die Berechnung [2]).

Beispielsweise finden sich für einen Rheostaten, welcher bei einer Spannung der Stromquelle von 110 Volt und einer gewünschten Spannung von 100 Volt an der Verteilungsleitung Belastungen von 20 bis 200 Amp. ermöglichen soll (welche letztere bei völliger Ausschaltung des Rheostaten vorhanden ist), bei Verwendung von Drähten von 3 bis 8 mm Durchmesser mit dem spezifischen Widerstande von 0,0206 bei 60 Grad, für die einzelnen Abteilungen folgende Zahlenwerte:

Drahtdurchmesser in Millimetern	Durchmesser der Windungen	Zahl der Windungen	Zahl der Spiralen
8,0	35	122	1
7,5	35	135	1
7,0	30	177	1
6,5	30	202	1
6,0	30	244	1
5,5	20	456	2
5,0	20	629	3
4,0	20	807	3
3,0	20	1350	5

Wird jede dieser Abteilungen mit je einem Kontaktknopf versehen, so ermöglicht der Rheostat, Spannungsunterschiede von je 1 Volt auszugleichen, wobei die Stromstärke folgende Werte annimmt: 20, 40, 60, 80, 100, 120, 140, 160, 180 und 200 Amp., während an der Verteilungsleitung, wie gewünscht, die Spannung stets 100 Volt beträgt.

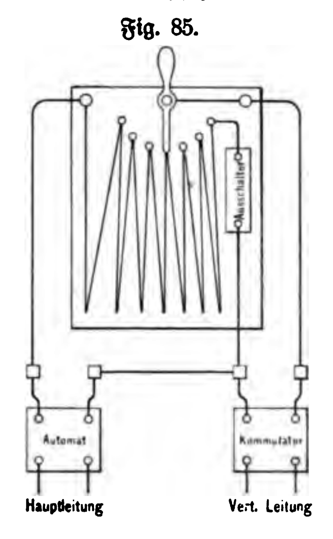
d) Abzweigrheostaten (Spannungsregulatoren). Bei manchen Versuchen handelt es sich darum, die Spannung zwischen den Klemmen eines Apparates, dessen Widerstand außerordentlich groß ist, so daß ein merklicher Strom überhaupt nicht durchgeht, rasch zu variieren [3]). Hierzu kann derselbe Rheostat dienen, welcher zur Regulierung der Stromstärke bei verschwindendem Widerstande gebraucht wurde. In der früheren Auflage dieses Buches habe ich darauf hingewiesen, daß man ihn

[1]) Solche Kontaktknöpfe nebst Kurbel auf Schiefer montiert, können bezogen werden von der Firma Dr. Paul Meyer, Berlin-Rummelsburg, und zwar 9 oder 15 Kontakte für Stromstärken von 10 bis 60 Amp. zu 10,25 bis 30 Mk. — [2]) Anleitung zur Ermittelung der erforderlichen Drahtquerschnitte in solchem Falle findet man in Herzog und Feldmann, „Die Berechnung elektrischer Leitungsnetze in Theorie und Praxis". Berlin, Springer, 1893. S. 328 ff. — [3]) Z. B. bei elektrolytischen Versuchen mit dem Kristallisationsmikroskop. (Vgl. § 77, i.)

zu dem Zwecke mit einer zweiten Kurbel versehen kann, welche ermöglicht, von dem starken Strome, der beim Kurzschließen der Leitung entsteht, einen schwachen Zweig abzunehmen [1]).

Beim Gebrauch stellte es sich heraus, daß die zweite Kurbel durchaus überflüssig ist. Man hat nur den letzten Knopf des Rheostaten vermittelst eines dazu angebrachten Stromschlüssels direkt mit der Stromquelle zu verbinden, so daß der ganze Rheostat und die Verteilungsleitungen parallel an die Stromquelle angeschlossen sind, dann wird sich natürlich der Strom, welcher die Verteilungsleitungen durchfließt, nach der Stellung der Kurbel richten, so daß, wenn sich diese am Anfang befindet, die volle Spannung auch auf die Verteilungsleitung einwirkt, bei einer Zwischenstellung dagegen nur ein Bruchteil, der um so kleiner wird, je näher die Kurbel dem letzten Knopfe rückt und schließlich völlig verschwindet, wenn letzterer erreicht wird, insofern nunmehr die Verteilungsleitung durch die Kurbel kurz geschlossen ist. Der Bequemlichkeit halber, um nicht zu große Dimensionen für die Kurbel zu bekommen, benutze ich zwei Kurbeln, von welchen die zweite in Tätigkeit tritt, wenn die erste den letzten ihr zugewiesenen Knopf, d. h. die Mitte des Rheostaten erreicht hat. Man kann auf solche Weise, wenn der Rheostat entsprechend gebaut ist, bewirken, daß bei Verschiebung der Kurbel um einen Knopf jeweils die Spannung um einen bestimmten kleinen Betrag, z. B. bei 20 Kontaktknöpfen um je 5 Volt zunimmt, also die Spannung in gleichen Stufen von 0 bis 100 Volt anwächst. Durch diese Anordnung spart man sich vollständig die früher viel benutzten galvanischen Elemente für schwache Ströme, und namentlich das Ausprobieren, wie viele derselben hintereinander gesetzt werden müssen, um die richtige Stromstärke zu erhalten, da es genügt, die Kurbel zu drehen bis der gewünschte Effekt erreicht ist.

Fig. 85.



e) Ausschalter (Stromschlüssel). Ausschalter für stärkere Ströme werden so konstruiert, daß sie nur in geschlossener oder offener Stellung, nicht in einer Zwischenstellung verbleiben können. Ihre Kontakte müssen ausschließlich Schleifkontakte sein, damit sie sich stets von selbst durch Abschleifen etwaiger Oxydschichten rein halten. Fig. 86 zeigt einen älteren ein-

Fig. 86.

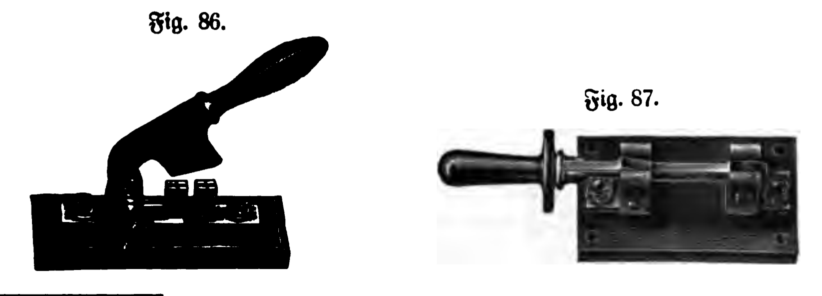


Fig. 87.

[1]) Derselbe Gedanke liegt einer Anordnung zu Grunde, welche neuerdings, nach Mitteilung von Kleiber (Z. 13, 326, 1900), von Höchtl ersonnen wurde, indes, da die Kurbeln durch Kontaktbügel auf Laufschienen ersetzt sind, weniger bequem sein dürfte.

poligen Schalthebel von Voigt und Haeffner in Bockenheim, bei welchem die messerartige Klinke eine Brücke zwischen zwei federnden Kontakten herstellt; Fig. 87 ist eine neuere Form von Siemens und Halske. Bei letzterem ist der eine Kontakt am Drehpunkt. Beide Kontakte werden durch Federn hergestellt, die sich eventuell durch eine Stellschraube nachspannen lassen, wenn nach längerem Gebrauch ihre Kraft erlahmt sein sollte.

Im Prinzip genügt es, wenn die Leitung nur an einem Pole unterbrochen wird, sicherer ist indes, wenn der Ausschalter gleichzeitig auch eine Unterbrechung an dem anderen Pol der von der Stromquelle kommenden Leitung bewirkt, wenn derselbe, wie man sagt, ein „doppelpoliger" Ausschalter ist (Fig. 88).

Fig. 88.



Fig. 89.

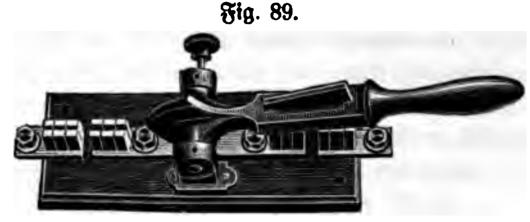
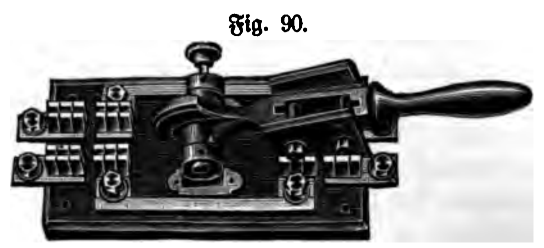


Fig. 90.



Der in Fig. 89 dargestellte einpolige Umschlaghebel ermöglicht gleichzeitig mit der Unterbrechung eines Stromkreises die Schließung eines zweiten zu bewirken. Fig. 90 zeigt einen ebenso konstruierten zweipoligen Umschlaghebel von Voigt und Haeffner, Bockenheim.

Fig. 91.



Für größere Stromstärken, insbesondere bei höheren Spannungen, muß die Öffnung des Schlüssels sehr rasch erfolgen, um Beschädigung durch den sich bildenden Lichtbogen zu vermeiden. Zu diesem Zwecke hat man die sogenannten Schnellausschalter (Fig. 91, nach Siemens und Halske) konstruiert, bei welchem der Schalthebel im Augenblick des Öffnens durch Federkraft zurückgeschnellt wird[1]).

Dauerhaft sind die Kohlenausschalter, deren negativer Pol aus Kupfer, deren positiver aus Kohle besteht. Sie müssen aber so konstruiert sein, daß nach Herstellung des Kontaktes zwischen Metall und Kohle noch ein zweiter Kontakt zwischen Metall und Metall hergestellt wird, der umgekehrt beim Ausschalten zuerst unterbrochen wird, da sonst infolge der Unvollkommenheit des Kontaktes bei längerem Stromdurchgang zu starke Erhitzung eintritt. Aus gleichem Grunde dürfen kleine

[1]) Die Preise kleinerer Hebelausschalter von 15 bis 50 Amp. bewegen sich zwischen 3 und 12 Mk., die für 100 bis 2000 Amp. zwischen 14 und 260 Mk.

Ausschalter nicht für große Stromstärken benutzt werden, es muß vielmehr der Ausschalter so groß bemessen werden, daß er auch für die größten in Betracht kommenden Ströme ausreicht.

Einfacher und billiger sind Quecksilberausschalter, welche man sich nach Anleitung von Fig. 92 selbst herstellen kann. Sie sind noch dadurch ganz besonders billig, daß sie auch eine Sicherung entbehrlich machen, welche bei den gewöhnlichen Ausschaltern nicht fehlen darf. Falls nämlich beim Schließen des Stromes Kurzschluß in der Leitung vorhanden ist, gibt sich dies durch starke Funkenbildung kund, so daß der Strom sofort wieder geöffnet werden kann, während bei Ausschaltern mit festen Kontaktteilen sofortige Verschweißung der letzteren eintreten würde, welche das Öffnen des Stromes unmöglich macht.

Schlimmstenfalls wird durch Herausschleudern des Bügels infolge rascher Verdampfung des Quecksilbers der Strom selbsttätig unterbrochen. Zufällig beim Experimentieren entstehender Kurzschluß gibt sich übrigens auch durch Funkenbildung und Erhitzung der Leitungsschnüre, deren Isolation brenzlichen Geruch erzeugt, sowie durch die Angabe des Amperemeters zu erkennen.

Fig. 92.

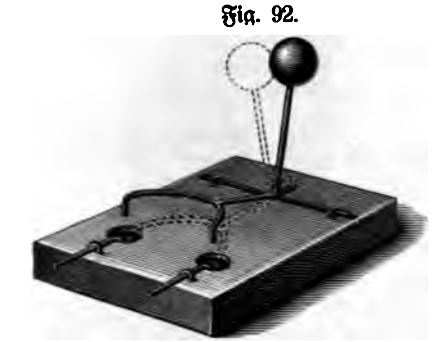


Fig. 93.



Fig. 94.



Für geringe Stromstärken bis etwa 20 Amp. werden häufig Drehausschalter (Fig. 93, E 4,75) benutzt, welche bei elektrischen Lichtanlagen gebräuchlich sind.

Für schwache Ströme, z. B. Voltmeterleitungen, dient der Kurbelumschalter (Fig. 94). Die Kurbel muß die Knöpfe federnd berühren.

Sie bildet die Brücke für den Strom zwischen ihrer Achse und der berührten Warze. (Zu beziehen von der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft in Berlin.)

f) Strom- und Spannungsmesser. Strom- und Spannungsmesser können von den verschiedensten Firmen bezogen werden, z. B. von der Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vorm. Schuckert u. Co., Nürnberg; Siemens u. Halske in Berlin; Hartmann u. Braun, Frankfurt a. M.; Dr. Paul Meyer, Berlin O., Holzmarktstr. 67; Dr. Th. Horn, Leipzig, Gutenbergstr. 5; Claus u. Goldschmidt, Berlin N., Elsässerstr. 8; Kaiser u. Schmidt, Berlin N., Johannisstr. 20; Reiniger, Gebbert u. Schall, Erlangen; Alfred Schoeller, Frankfurt a. M.; Elektra, Berlin SO., 16 u. s. w. Bei der Befestigung am Schaltbrett ist darauf zu achten, daß sie nicht durch benachbarte starke Ströme beeinflußt werden können.

Fig. 95.



1:3

Strom- und Spannungsmesser mit längerem Eisenkern sind wegen der magnetischen Remanenz unzuverlässig, da die Angaben bei steigender und fallender Stromstärke erheblich differieren. Hartmann u. Braun liefern Instrumente von der Form Fig. 95, zu etwa 30 Mk. für Stromstärken von 0—0,5 bis 0—100 Amp. und Spannungen von 0,5—3 bis 150—250 Volt.

g) Sicherungen. Vorschriftsmäßig müssen Sicherungen an allen Stellen angebracht werden, wo sich der Querschnitt der Leitung in der Richtung nach der Verbrauchsstelle hin vermindert. Sie werden in den verschiedensten Formen von denselben Firmen geliefert, welche auch anderes Installationsmaterial liefern, und bestehen am einfachsten aus Bleistreifen mit angelöteten messingenen Endstücken, welche in gabelförmige federnde Klemmen eingedrückt werden (Fig. 96). Da leicht eine Verwechselung vorkommen und eine für zu hohe Stromstärke bestimmte Sicherung statt einer leichter durchschmelzbaren eingesetzt werden könnte, werden gewöhnlich die Leitungsenden in einer besonderen Fassung befestigt, in deren Gewinde sich nur ein bestimmter richtig bemessener Stöpsel, ähnlich wie eine Glühlampe, einschrauben

Fig. 96.

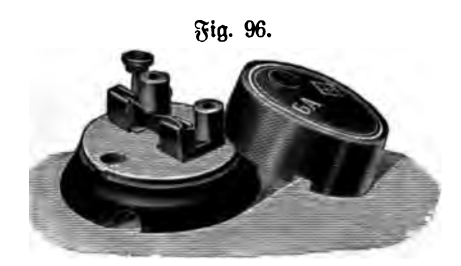




Fig. 97.



läßt. Fig. 97 zeigt eine solche Sicherungspatrone für 250 Volt, wie sie von Carl Borg, Leipzig, Gerberstr. 19, geliefert wird. Vor einfachen Bleistreifen haben solche noch den Vorzug, daß beim Durchschmelzen das Metall nicht umherspritzen kann, was namentlich unbequem und gefährlich ist, wenn die Sicherungen in größerer Höhe angebracht sind. Um möglichst genaues Durchschmelzen zu erzielen, verwendet man wohl auch statt der Blei- Silberschmelzeinsätze [1]).

Sicherungen müssen möglichst zentralisiert und in handlicher Höhe angebracht werden. Der geeignetste Platz ist jedenfalls die Decke der Versenkung unter dem Auditorium. Man muß sie so reichlich dimensionieren (und entsprechend auch die Leitungen), daß Durchschmelzen nur in seltenen Fällen eintritt, da das häufige Einsetzen neuer Sicherungen nicht nur recht lästig und zeitraubend, sondern auch kostspielig ist [2]). Das allzu starke Anwachsen der Stromstärke verhindert man besser durch einen auf dem Schaltbrett im Auditorium befestigten Maximalausschalter, welcher auch durch das erzeugte Geräusch sofort den Grund der Stromunterbrechung erkennen läßt, während man bei dem lautlosen Durchschmelzen einer Sicherung die Ursache, weshalb der Strom ausbleibt, oft lange vergebens an falscher Stelle sucht.

---

[1]) Z. B. zu beziehen von Dr. Paul Meyer, Akt.-Gesellschaft, Berlin, Lynarstr. 5/6. — [2]) Soll der Strom beim Durchschmelzen einer Bleisicherung nicht ganz unterbrochen, sondern auf das zulässige Maß reduziert werden, so wird ein Rheostat als Nebenschluß zu derselben angebracht, welches wieder mit ebenso vorgerichteter Bleisicherung versehen wird. Solche Sicherheitsschaltungen sind zu beziehen von G. Conz in Hamburg, Spaldingstraße 43.

b) Maximalausschalter. Über dem Strommesser in leicht erreichbarer Höhe wird ein Maximalausschalter angebracht, d. h. ein Ausschalter, welcher durch einen Elektromagneten selbsttätig ausgelöst wird, sobald die Stromstärke über das zulässige Maß ansteigt [1]). Die Fig. 98 zeigt die Art der Ausführung, wie sie von Voigt und Haeffner in Bockenheim geliefert wird

Fig. 98.

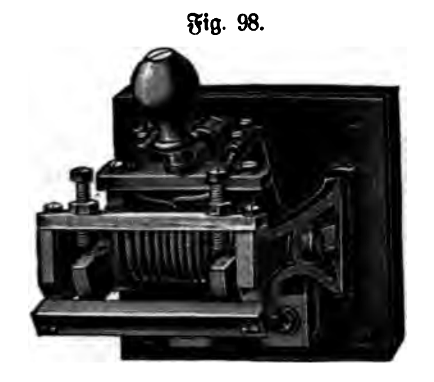
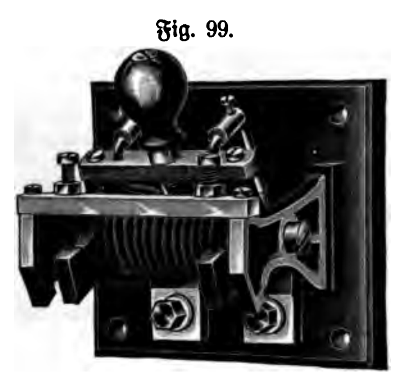


Fig. 99.



14. Die Verteilungsleitungen. Die Verteilungsleitungen sind dazu bestimmt, den Strom weiter vom Schaltbrett zum Experimentiertisch und den anderen Stellen des Experimentierraumes zu leiten, wo er benutzt werden soll. Hierzu sind zwei Möglichkeiten geboten, nämlich entweder in der Höhe oder unter dem Fußboden. Strecker (l. c.) empfiehlt die erstere Art und hält Leitungen unter dem Fußboden nicht für zweckmäßig. Er befestigt zu diesem Zwecke am Tische geeignete Halter, welche die Leitungen in mehr als Kopfhöhe über den Zwischenraum zwischen Tisch und Wand herüberführen. Ich selbst benutze nur in besonderen Fällen eine ähnliche Leitungsführung, wobei die Drähte über mehr als 2 m hohe eiserne, oben mit T-förmigen Endstücken aus Ebonit versehene Stative gelegt werden, oder über Haken an horizontal in die Wand (in eiserne Hülsen) gesteckte Eisenstäbe.

Im allgemeinen gebe ich den Leitungen unter dem Fußboden den Vorzug. Dieselben sind allerdings nicht einfach unter die Fußbodenbretter gelegt, sondern durchdringen den Fußboden vollständig und ziehen sich dann an der Decke des unteren Raumes (der Versenkung) hin.

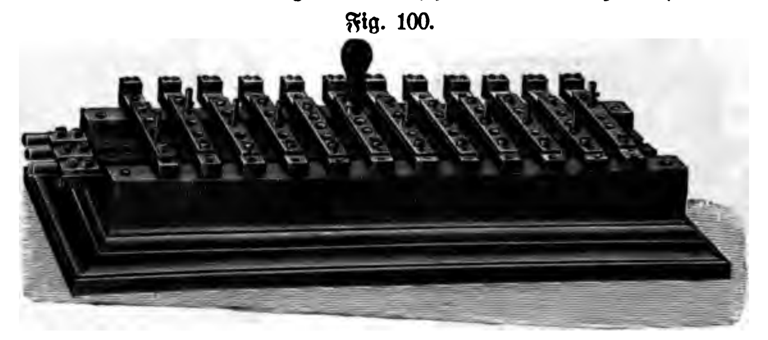
Es ist zweckmäßig, die Verteilungsleitungen sehr stark zu wählen und von besonders guter Isolation, um sie nicht nur für die gewöhnlich benutzten Ströme (bis etwa 40 Amp. bei 110 Volt), sondern auch für wesentlich stärkere Ströme von geringer Spannung und für hochgespannte Ströme von geringer Stärke benutzen zu können. Auf dem Schaltbrett befinden sich nämlich auch die Endklemmen der Leitungen von anderen Stromquellen, welche weiter unten näher besprochen werden sollen und sich mit der Verteilungsleitung sehr einfach verbinden lassen, indem man die Stöpselschnüre aus den Klemmen der gewöhnlichen Leitung herauszieht und die Stöpsel in die der gewünschten Leitung einsteckt.

Zuweilen werden anstatt solcher beweglicher Schnüre mit Stöpseln sogenannte Generalumschalter benutzt, wie deren einen Fig. 100 zeigt. Er besteht aus einer

[1]) Voigt u. Haeffner in Bockenheim liefern automatische Maximum- und Minimumausschalter für Ströme bis zu 20, 50, 100, 200 Amp. zu 20, 65, 75 und 90 Mk. Schuckert u. Co. in verschiedenen Größen z. B. für 30 Amp. zu 80 Mk.

mehr oder weniger großen Zahl sich kreuzender Stäbe aus Messing, welche mit korrespondierenden Löchern versehen sind, so daß man durch Einstecken eines Stöpsels jede der oberen mit jeder der davon isolierten unteren Schienen in Verbindung setzen kann. Die unteren Schienen — es sind deren drei, um auch den Drehstrom benutzen zu können — stehen mit den Verteilungsleitungen in Verbindung, die oberen mit den Leitungen der verschiedenen Elektrizitätsquellen.

Fig. 100.



Auf jeder Querschiene ist eine verschiebbare Platte angebracht, welche derartig mit Öffnungen versehen ist, daß nur ein Schaltschlüssel eingesteckt werden kann, die anderen in der Schiene vorhandenen Löcher also verriegelt sind.

Um dem Schaltschlüssel in beiden Schienen einen guten Kontakt zu geben, ist derselbe, soweit er in der vertikalen Schiene sitzt, konisch, soweit er in der horizontalen Schiene sitzt, cylindrisch gestaltet. Der ganze Schlüssel ist seiner Länge nach mit einer Bohrung versehen, die im cylindrischen Teile nach unten in einen Konus ausläuft. In dieser mit Gewinde versehenen Bohrung befindet sich eine Schraubenspindel, die an ihrem unteren Ende, der konischen Bohrung entsprechend, ebenfalls in einen Konus endet. Auf den aus dem Schlüssel nach oben herausragenden Teil der Spindel wird behufs Handhabung ein Griff aufgesteckt.

Bei Einstecken des Schlüssels in die Schienen und Rechtsdrehung des Griffes wird zunächst der obere Schlüsselkonus in die mit Hohlkonus versehene Querschiene fest hineingedreht, hierauf der Griff links gedreht, wodurch die Schraubenspindel mit ihrem Konus den unteren, außen cylindrischen Teil des Schlüssels, welcher in seiner Längsrichtung mit Einschnitten versehen ist, auseinander preßt und dadurch mit der unteren Schiene einen innigen Kontakt bildet.

Jeder von einer Querschiene auslaufende Stromkreis muß selbstverständlich einen Ausschalter enthalten, so daß das Umschalten im stromlosen Zustande erfolgen kann [1]).

Da es sich darum handelt, Ströme von sehr verschiedener Qualität an die Verteilungsleitung zu schalten, außerdem der Platz beschränkt und das System der vielen Stäbe weniger leicht zu übersehen ist, als eine lediglich durch bewegliche Schnüre hergestellte Verbindung, so scheint mir die Verwendung eines solchen Generalumschalters für den vorliegenden Zweck nicht gerade sehr empfehlenswert. Unbedingt nötig ist dagegen ein Umschalter (Kommutator), welcher er-

[1]) Uhlich (Progr.) hält die Stöpselung von der oberen Schiene nach der unteren für unzweckmäßig und empfiehlt deshalb der unteren Schiene Vorragungen zu geben, welche bis in das Niveau der oberen Schiene vorragen, so daß die Stöpselung wie bei Stöpselrheostaten bewirkt werden kann.

möglicht, den Strom die Verteilungsleitung in umgekehrter Richtung durchlaufen zu lassen.

Eine besonders einfache und recht brauchbare Form ist der in Fig. 101 abgebildete Kurbelumschalter. Die Zuleitungsdrähte werden mit Drehachsen der Kurbeln verbunden, der eine Ableitungsdraht mit dem mittleren oberen Messingklötzchen, der andere mit den beiden äußeren. Sollen stärkere Ströme unterbrochen werden, so ist es zur Vermeidung von Lichtbogenbildung nötig, daß die Klötzchen hinreichend weit auseinanderstehen und durch Glasstege verbunden sind, auf welchen die beiden Kurbeln beim Umschalten schleifen. (A. E. G., 11,50.)

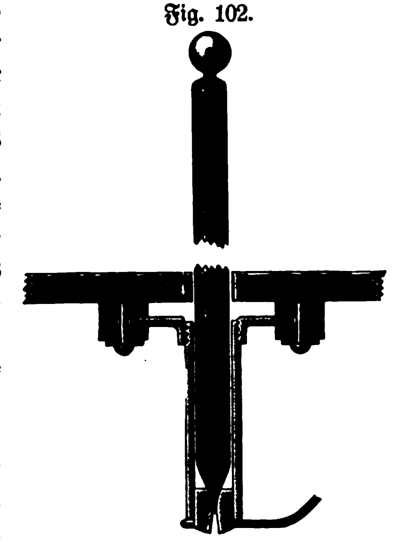
Fig. 101.

Bei sehr starken Strömen wird derselbe infolge der Unvollkommenheiten der Kontaktflächen zu heiß und muß dann ersetzt werden durch einen Umschalter von der in Fig. 101 dargestellten Form, dessen Dimensionen dem maximalen zu verwendenden Strome angepaßt sind.

Was die Enden der Verteilungsleitung anbelangt, so werden sie zuweilen zu *Schienen* geführt, welche in die Platte des Experimentiertisches eingelassen sind und in regelmäßigen Abständen konische Löcher zum Einsetzen der Stöpsel besitzen. Mit Recht wendet sich *Strecker* gegen diese Art der Ausführung, welche geradezu feuergefährlich ist, da, wenn z. B. über Sonntag der Ausschalter geschlossen bleibt und die Tischplatte etwa mit salzigem Wasser getränkt ist, ein immer stärker werdender Strom durch das Holz hindurchgeht, welcher dasselbe schließlich verkohlt und zur Entflammung bringt; sodann aber auch deshalb, weil die Zuhörer nicht sehen, woher der Strom kommt und weil sie die auf dem Tische gemachten Verbindungen nicht verfolgen können.

An meinem beweglichen Experimentiertische befinden sich überhaupt keine Klemmen. Die Verteilungsleitungen endigen vielmehr im allgemeinen unter dem Fußboden, zum Teil auch an den Wänden des Experimentierraumes und namentlich an der vordersten Bank. Die Ausführung der unter dem Fußboden befindlichen Enden, von denen sich namentlich je ein Paar links und eines rechts vom Experimentiertisch befindet, zeigt Fig. 102. Es sind dort etwa 30 cm lange Eisenrohrstücke durch Flansche isoliert befestigt, welche unten in ein konisch ausgebohrtes messingenes Endstück auslaufen, an welches die Leitung angelötet ist.

Fig. 102.



In diese Röhren können durch ein mit beweglichem Deckel versehenes etwas weiteres Loch im Fußboden leichte Ständer aus etwa 3 cm weitem Messingrohr eingesetzt werden, welche nach unten in einen in die Bohrung passenden konischen Zapfen auslaufen und oben in einen kugelförmigen Knopf, in welchen mehrere konisch ausgeriebene Löcher gebohrt sind zum Einsetzen von Stöpselschnüren oder Steckklemmen, d. h. Klemmen mit konischem

Zapfen und Querstab zum bequemen Einstecken und Herausdrehen aus der Bohrung (Fig. 103). Diese messingenen Ständer passen genau in die Eisenröhren und finden darin ihren festen Halt, bleiben dagegen vom Fußboden durch einen etwa 3 bis 4 mm breiten Zwischenraum getrennt.

An den Wänden ist die Leitung zu messingenen Gußstücken geführt, welche etwa die in Fig. 104 (*a*) dargestellte Form haben und durch einen darüber geschobenen Holzklotz auf isolierender Unterlage (in Paraffin ausgekochtem Holz), befestigt sind.

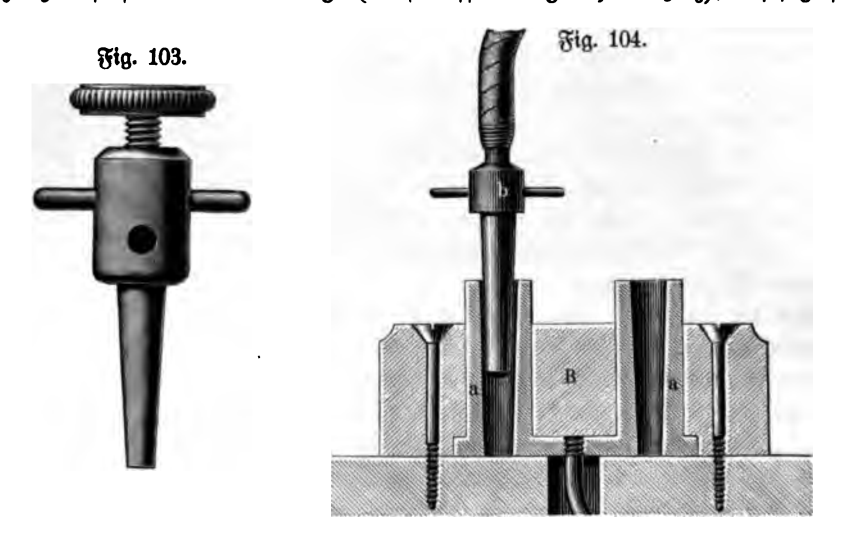


Fig. 103. Fig. 104.

Diese Klemmen, welche ich nun seit 13 Jahren in Gebrauch habe, haben sich aufs beste bewährt und scheinen mir vor den meist angewendeten Klemmschrauben den Vorzug zu verdienen.

Die Leitungsschnüre sind am einen, teilweise auch an beiden Enden mit konischem Zapfen und quer durch diesen gehenden Griff *b* versehen, wie Fig. 104 zeigt. Vermittelst dieser Stöpsel können sie ohne den großen Zeitverlust, welcher sonst durch den Gebrauch von Klemmschrauben bedingt ist, mit den Enden der elektrischen Leitungen verbunden werden. Ihrer schlank konischen Form wegen halten die Stöpsel schon bei mäßig festem Eindrücken in die Bohrungen ganz zuverlässig und lassen sich mit gleicher Leichtigkeit wieder entfernen. Man spart durch Anwendung dieser Vorrichtung statt der Klemmschrauben viel Zeit und wird im Vortrage durch Herstellung der Verbindungen kaum erheblich aufgehalten. Die Anwendung von zwei Bohrungen, wie bei Fig. 104, erleichtert das Abzweigen von Strömen.

Einfacher ist das Anbringen von quadratischen Messingklötzchen, wie Fig. 105 zeigt, welche entweder durch zwei Schrauben befestigt werden, oder auch nur durch eine einzige, wenn sie, wie Fig. 106 zeigt, durch zwei eingesetzte Spitzen auf der Unterseite durch Verdrehung geschützt sind.

Man kann außer den Stöpsellöchern auch Bohrungen für einfache Drähte mit Klemmschrauben anbringen (Fig. 106) oder feste Klemmschrauben verschiedener Art, wie sie die Figg. 107 bis 112 zeigen. Dies ist bequem, wenn nicht genügender Vorrat an Stöpselschnüren oder Steckklemmen vorhanden ist[1]).

[1]) Die Mutter bei der Klemme (Fig. 112) erhält, wie Fig. 112a zeigt, zwei Löcher, um sie mit der Spitzzange anziehen zu können.

Im allgemeinen ist, wie gesagt, die Verwendung von Klemmschrauben nicht zu empfehlen. Die gewöhnlichen Klemmschrauben (Figg. 109, 110, 111, 112) sind in der Regel nur für eine bestimmte Drahtdicke berechnet. Für sehr starke Drähte ist

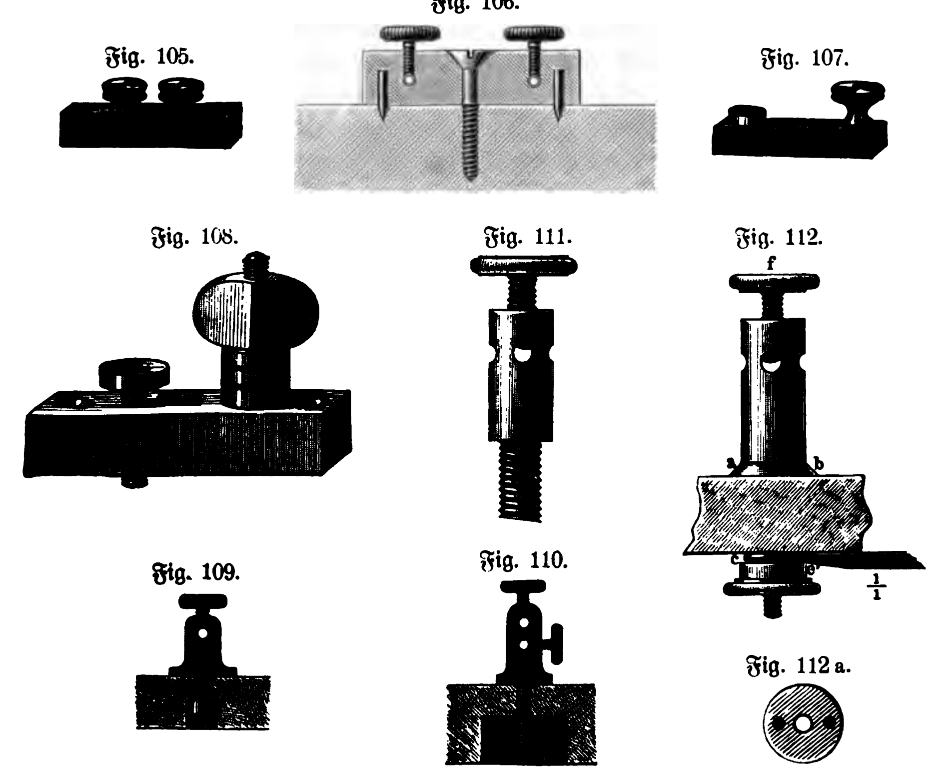


Fig. 105. Fig. 106. Fig. 107. Fig. 108. Fig. 111. Fig. 112. Fig. 109. Fig. 110. Fig. 112 a.

die Bohrung zu klein, für sehr dünne zu groß, d. h. die Drähte werden von der Schraube nicht hinreichend sicher geklemmt. Man kann sich nun zwar im letzteren Falle dadurch helfen, daß man gleichzeitig ein Stückchen eines dickeren Drahtes einklemmt oder das Ende des Drahtes mehrfach zusammenlegt; indes sind diese Mittel immerhin zeitraubend und lästig und die Drähte werden an den Enden verdorben, so daß man sie fast bei jedem neuen Versuche wieder um etwas verkürzen muß. Diese Übelstände treten nicht auf bei der in Fig. 113 darstellten, einem Feilkloben nachgebildeten **Zangenklemme**. Hier lassen sich mit großer Leichtigkeit und Sicherheit sehr dicke wie sehr dünne Drähte einklemmen, auch ist der Kontakt weit zuverlässiger, da die Anzahl der Berührungspunkte sehr viel größer ist als bei Anwendung einer einfachen Klemmschraube. Als Material zu diesen Klemmen

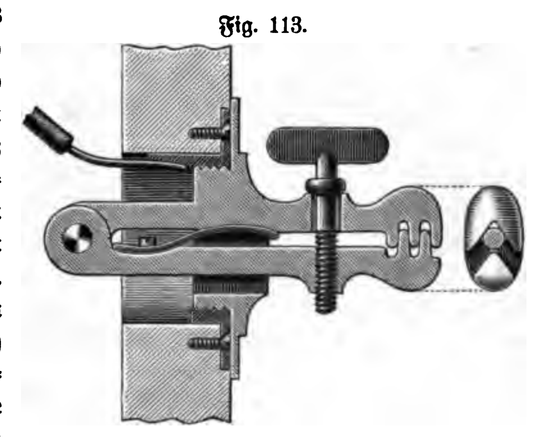


Fig. 113.

dient Messing und die Stärke der Backen sowohl wie auch der Schrauben muß genügend sein, um auch Kupferdrähte von 4 bis 5 mm Stärke kräftig einklemmen zu können. Der Griff der Schraube ist ähnlich dem eines Gashahns, nur etwas größer, um den nötigen Druck ausüben zu können. Beim Nachlassen des Drucks werden die beiden Backen durch eine zwischen den Schenkeln angebrachte Feder selbsttätig wieder voneinander entfernt, ganz ebenso wie beim gewöhnlichen Feilkloben. Da die Schenkel erhebliche Länge besitzen müssen, werden sie durch die Flansche, welche zur Befestigung an den Tisch dient, hindurchgeführt, so daß der eine Schenkel mit der Flansche zusammenhängt, der andere durch eine Öffnung derselben frei hindurch geht. Die Backen können nach Art mancher Drehbankfutter mit mehreren zwischeneinander greifenden gabelförmigen Zähnen versehen sein, wodurch sich die Sicherheit der Befestigung namentlich bei starken Drähten wesentlich erhöht. In der Tischzarge ist ein Schraubenfutter befestigt, welches mit der Leitung durch Lötung verbunden wird, und in welches die Klemme sich einschrauben läßt, ganz analog wie Gashähne auf eine in der Wand befestigte Scheibe aufgeschraubt werden. Falls die Backen sich oxydiert haben oder das Gewinde der Schraube verdorben ist u. dergl., kann man die Klemme leicht herausnehmen und reinigen resp. reparieren.

Zum Anschluß von Glühlampen u. s. w. benutzt man in neuerer Zeit gewöhnlich **Anschlußdosen** und **Steckkontakte**, wie sie Fig. 114 zeigt, bei welchen der einzusetzende Hartgummistöpsel (siehe Fig. 115) zwei messingene Stöpsel enthält, welche mit den Enden von zwei zusammengedrehten Leitungsschnüren in Verbindung stehen. Diese Anordnung hat den Vorzug, daß man nicht zwei, sondern nur einen Stöpsel einzusetzen hat und störende Stromflächen zwischen zwei weit auseinander liegenden Teilen der Leitungsschnüre vermieden werden, dagegen den Nachteil, daß sich die Schnüre infolge ihrer geringeren Abkühlungsfläche stärker erhitzen, und daß bei ausgedehnteren Zusammenstellungen von Apparaten der Strom unnötige Umwege machen muß und die Übersichtlichkeit der Anordnung erschwert wird, während man bei Verwendung einfacher Schnüre den Strom ganz nach Bedarf von zwei dicht nebeneinander liegenden, oder auch von mehrere Meter entfernten Klemmen entnehmen kann.

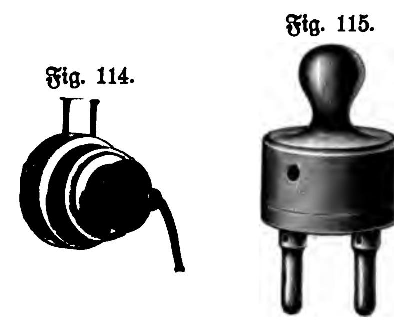


Fig. 114. Fig. 115.

Solche Anschlußdosen und Steckkontakte liefern z. B. **Siemens** und **Halske** in Berlin, **Aktien-Gesellschaft für Elektrotechnik**, Berlin SO., Cuvrystr. 20, **Matthaey** u. **Co.**, Berlin N., Kastanien-Allee 74 u. a.

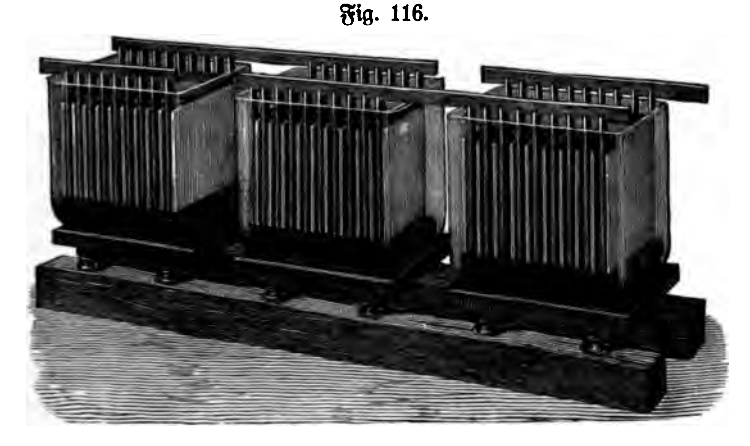
Entsprechend den beiden oben erwähnten Schaltbrettanlagen, rechts und links von der Mitteltafel, sind zwei voneinander unabhängige Verteilungsleitungen vorhanden. Dieselben sind aber im allgemeinen noch nicht zureichend, da man z. B. bei Verwendung von Drehstrom oder verketteten Wechselströmen auf einer Seite

[1]) Zangen mit Drahtabschneider und Drahtentblößer zur Entfernung der Isolationshülle von Leitungsdrähten und Blankmachen der Drahtenden liefert Dr. **Osk. May**, elektrisches Bureau, Frankfurt a. M., Hermannstr. 36. Verschiedenartige Taschenmesser mit halbrund ausgeschnittenen Klingen, Schraubenziehern u. s. w. liefern **Böffinger** u. **Schäfer**, Frankfurt a. M., Weserstr. 17.

drei oder vier Leitungen nötig hat. Häufig wünscht man auch eine der Verteilungsleitungen, welche nicht angeschlossen ist — aus diesem Grunde müssen die Ausschalter doppelpolige sein — lediglich zu verwenden zur gegenseitigen Verbindung zweier weit voneinander abstehender Apparate, z. B. zur Herstellung einer kleinen Kraftübertragungsanlage. Aus diesem Grunde müssen auf jeder Seite zwei Verteilungsleitungen, somit im ganzen acht leere Leiter vorhanden sein. Zur raschen Orientierung werden sie (namentlich die Klemmen) mit verschiedenen grell hervortretenden Farben angestrichen. An dem Umschalter müssen ferner Zeichen angebracht sein, welche rasch zu übersehen gestatten, welche der Leitungen positiven und welche negativen Strom führt.

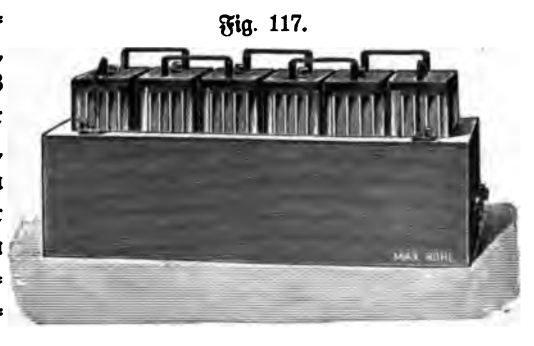
15. Die Akkumulatorenanlage. An manchen Orten ist plötzliche Stromentnahme über ein bestimmtes Maximum nicht gestattet oder die elektrische Zentrale vermag nur zu gewissen Stunden Strom abzugeben. In solchen Fällen kann die

Fig. 116.



Schwierigkeit beseitigt werden durch Aufstellung einer Akkumulatorenbatterie (Fig. 116) von genügender Kapazität, welche für die Experimente ausreichend Strom zu liefern vermag und entweder gleichzeitig oder in anderen Stunden, wenn Strom der Zentrale zur Verfügung steht, geladen wird.

Fig. 117.



Eine Akkumulatorenbatterie erweist sich ferner von großem Nutzen, insofern es möglich ist, mittels eines Pachytropen Strom von höherer oder niederer Spannung zu entnehmen, und so eine Menge von Experimenten auszuführen, zu welchen sich der direkte Zentralenstrom nicht eignen würde[1]). Kleine tragbare Akkumulatoren (Fig. 117, K 105 bis 175) ersparen häufig umständliche Leitungen.

[1]) Um überhaupt hochgespannten Zentralenstrom (speziell 440 Volt) in solchen von brauchbarer Spannung umzuwandeln ist nach Schellenberg (Progr. Freiburg i. B. 1902) die Verwendung von Akkumulatoren der nötigen ständigen Überwachung, der Kosten und Umständlichkeit wegen nicht zu empfehlen. Umformer sind vorzuziehen.

Bei der Einrichtung einer Akkumulatorenanlage muß besonderes Augenmerk der geeigneten Beschaffenheit des Lokals zugewendet werden. Der Raum muß gut ventiliert, trocken und staubfrei sein. Direktes Sonnenlicht muß fern gehalten werden, was nötigenfalls durch Anstrich der Fensterscheiben (mit Bleiweißölfarbe) bewerkstelligt werden kann. Zur künstlichen Beleuchtung soll nur elektrisches Glühlicht dienen. Decke und Wände werden zweckmäßig mit Heisingfarbe [1]) angestrichen, eventuell mit Bleiweißölfarbe. Der Fußboden wird am besten mit Zement und darüber mit Asphalt [2]) belegt, doch müssen da, wo die Gestelle aufstehen, säurebeständige Mettlacherplatten eingelassen werden, da der Asphalt dem starken Druck nicht widerstehen kann.

Die einzelnen Zellen müssen gegen das Gestell und dieses gegen den Boden durch nicht zu niedrige Porzellanuntersätze isoliert sein.

Ferner muß Vorsorge getroffen sein, daß beim Auslaufen der Säure infolge Zerbrechens eines Gefäßes das Gebäude nicht beschädigt wird. Die Holzgestelle dürfen nur durch Holzpflöcke verbunden sein. Der Raum soll nur die Akkumulatoren, insbesondere keine Maschinen enthalten, da diese durch den Säuredunst rostig werden [3]), auch soll er nur dem Akkumulatorenwärter zugänglich sein.

Die Anweisungen zur Aufstellung und Behandlung der Akkumulatoren werden von der Fabrik [4]) gegeben. Man hat namentlich darauf zu achten, daß die Verbindungen zwischen den Platten ausschließlich durch Lötung mit reinem Blei erfolgen und daß auch die Leitungen bis auf etwa 50 cm Entfernung von der Batterie nur aus Bleileisten bestehen oder mit einem starken, gegen Verletzungen geschützten Überzug aus Blei versehen werden. Auch entferntere blanke Leitungen schützt man zweckmäßig durch Anstreichen mit Vaseline oder „Akkumulatorenfarbe“, zu beziehen von Dr. Graf u. Co., Berlin S., Brandenburgerstr. 23; Heising u. Co., Berlin N., Müllerstr. 135 und Dr. Eug. Schaal, Feuerbach bei Stuttgart.

Die Aufstellung der Batterie muß derart erfolgen, daß die einzelnen Zellen bequem zugänglich sind und daß man zwischen den einzelnen Platten durchsehen

---

[1]) Zu beziehen von Heising u. Co., Berlin N., Müllerstr. 135 (ein Quadratmeter Anstrich kostet etwa 40 Pfennig). — [2]) Ein säurebeständiges Asphaltmaterial für Fußbodenbelag ist unter der Bezeichnung Neutralit zu beziehen von Reh u. Co., Asphaltgesellschaft San Valentino, Berlin NW., Dorotheenstr. 32. — [3]) Bis zu gewissem Maße lassen sich die Eisenteile schützen durch Bestreichen mit Antioxyd, zu beziehen von Dr. Eugen Schaal in Stuttgart. — [4]) Akkumulatoren sind zu beziehen von Akkumulatorenfabrik, Akt.-Gesellschaft, Hagen i. W. und Berlin; Kölner Akkumulatorenwerk, Gottfried Hagen, Kalk bei Köln; Elektrizitätsgesellschaft Gelnhausen, Gelnhausen bei Frankfurt; Bleiwerk und Akkumulatorenfabrik Neumühl, Morian u. Co., Neumühl, Rheinland; Thüringer Elektrizitäts-Aktien-Gesellschaft, Berlin NW., Schiffbauerdamm 6; Akkumulatoren- und Elektrizitätswerke, Akt.-Gesellschaft, W. A. Boese u. Co., Berlin SO., Alt-Damm; Behrend-Akkumulatorenwerke, G. m. b. H., Frankfurt a. M.; Elektrizitätsgesellschaft Triberg, G. m. b. H., Triberg, Baden; Akkumulatorenwerke System Pollak, Akt.-Gesellschaft, Frankfurt a. M., Mainzer Landstr. 253; Ver. Akkumulatoren- und Elektrizitätswerke, Dr. Pflüger u. Co., Berlin NW.; Gülcher Akkumulatorenfabrik, G. m. b. H., Berlin NW. 52, Spenerstr. 23; Berliner Akkumulatoren- und Elektrizitätsgesellschaft, Berlin O., Mühlenstr. 73. Akkumulatorenkästen aus Glas liefert v. Poncet, Glashüttenwerke, Berlin SO., Köpenickerstr. 54; Ed. Urbainz, Hohlglashüttenwerk, in Muskau, O. L. u. a.; Akkumulationskästen aus Ebonit: Franz Clouth, Rheinische Gummiwarenfabrik, Köln-Nippes.

kann. Ist die Helligkeit im Raume hierzu nicht genügend, so bringt man eine **verschiebbare Glühlampe** an, mit der sich der Zwischenraum zwischen den Platten genügend erleuchten läßt, um etwa dazwischen geratene fremde Körper, Verbiegungen der Platten und ausgewachsene Bleischwämme leicht entdecken zu können. Die Beseitigung solcher geschieht mittels eines Holzspans oder abgerundeten Glasstabes, welchen man den negativen Platten entlang bewegt, mit der Vorsicht, nicht an die positiven anzustreifen.

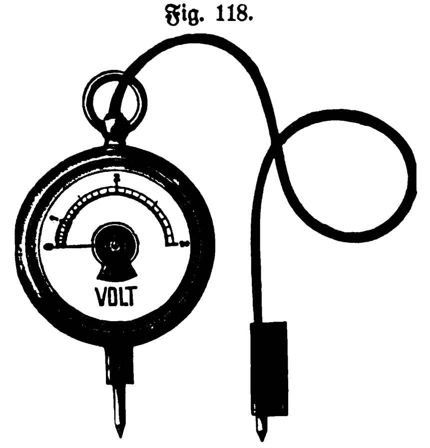
Die Säure zum Füllen soll ein spezifisches Gewicht von 1,15 bis 1,20 haben und frei sein von Chlor, Stickstoff, Eisen, Kupfer und organischen Säuren. Man erhält sie durch Vermischen von etwa 1 Volumteil chemisch reiner Schwefelsäure mit 9 Volumteilen destilliertem [1]) Wasser (spezifisches Gewicht 1,152). Die Schwefelsäure wird langsam und unter Umrühren dem Wasser zugegossen. Vor dem Einfüllen in die Zellen muß die Mischung vollständig erkaltet sein. Gewöhnliche Schwefelsäure und gewöhnliches Wasser sind nicht zu gebrauchen.

Handelt es sich um kleinere Quantitäten, so bezieht man die Säure am besten schon im verdünnten Zustande.

Die Füllung der Zellen darf erst unmittelbar vor dem ersten Laden erfolgen, und die Ladung muß dann, da die negativen Platten nicht formiert sind [2]), ununterbrochen auf die sechsfache Kapazität fortgesetzt werden.

War die Schwefelsäure nicht genügend rein, so zeigen die Zellen nach der Ladung die Erscheinung des „**Nachkochens**", d. h. durch Lokalströme entwickeln sich Gasblasen auf Kosten der Ladung des Akkumulators. Man muß in solchem Falle den Akkumulator zunächst vollständig entladen, dann Strom in umgekehrter Richtung hindurchsenden, bis sich die negativen Platten zu bräunen beginnen, sodann die Säure ganz entfernen und durch neue reine ersetzen und schließlich wieder von neuem, wie anfänglich, auf sechsfache Kapazität laden. Verschwindet auch bei Wiederholung des Verfahrens das Nachkochen nicht, so müssen die Platten durch neue ersetzt werden.

Fig. 118.



Die normale Ladung der Akkumulatoren muß bis zu mäßiger Gasentwickelung fortgesetzt werden, wobei die Spannung auf etwa $36 \times 2,6 = 94$ Volt (bei stärkerer Säure 96 bis 97 Volt) steigt. Die zulässige Grenze der Entladung ist erreicht, wenn die Spannung auf $36 \times 1,85 = 67$ Volt gesunken ist. Weitere Entladung schädigt die Zellen, ebenso auch länger dauernde Entladung mit zu hoher Stromstärke. Bei kurz dauernden Versuchen kann man aber unbesorgt den Entladestrom auf die doppelte und selbst noch höhere Stärke bringen. Um jede einzelne Zelle auf ihren Spannungszustand prüfen zu können, eignen sich namentlich die **Taschengalvanometer** (Fig. 118, K 24).

[1]) Wasserdestillierapparate liefert **Mürrle**, Apparatefabrik in Pforzheim. — [2]) Akkumulatoren, bei welchen auch die negativen Platten formiert sind, so daß die anormal lange Ladung (auf Kosten des Käufers) unnötig ist, und Schädigungen, welche durch ungenügende Formation entstehen, vermieden werden, liefern die Kölner Akkumulatorenwerke **Gottfried Hagen**, Kalk bei Köln.

Die Firma Société centrale de products chimiques, Paris, rue des écoles 42 liefert ein solches, welches auch die Leitungsschnur im Gehäuse enthält (Preis 24 Fr.). Eine andere Bezugsquelle ist R. Abrahamsohn, Berlin-Charlottenburg, Kantstr. 24.

Außer durch Beobachtung der Spannung kann man den Ladungszustand eines Akkumulators beurteilen nach dem spezifischen Gewicht der Säure. Beim Laden wird nämlich das auf den Platten befindliche schwefelsaure Blei zersetzt, also an der Anode Schwefelsäure gebildet, somit das spezifische Gewicht der Säure erhöht.

Beim Entladen bildet sich das Bleisulfat zurück, das spezifische Gewicht der Säure wird kleiner, die Säure wandert, wie man sagt, wieder in die Platten hinein. Gewöhnlich bringt man zur beständigen Beobachtung der Säuredichte flache Aräometer in die Zellen. Bellati (1900) empfiehlt statt dessen eine U-förmige mit Petroleum gefüllte Röhre, deren längerer Schenkel schräg abgebogen ist, so daß schon geringe Änderungen des Flüssigkeitsstandes erkennbar werden.

Zu große Stromdichte an den negativen Platten bewirkt ein Schrumpfen des schwammigen Bleies und Bildung harter, weißer Sulfatkrusten, somit eine Verminderung der Kapazität. Zu langes Überladen läßt Bleibäumchen hervortreten, welche schließlich die positiven Platten erreichen und Kurzschluß herstellen oder infolge ungleicher Stromdichte Krümmung der positiven Platten veranlassen.

Das Vorhandensein von Störungen in einzelnen Zellen gibt sich am besten beim Laden kund. Erfolgt die Gasentwickelung nicht in allen Zellen gleichzeitig, sondern in einzelnen später, so ist anzunehmen, daß in letzteren ein Fehler vorhanden ist [1]). Man beseitigt denselben und ladet die Batterie so lange, bis alle Zellen gleichmäßig kochen. Ist völlige Entladung einer Zelle nötig, so werden die Verbindungen derselben mit den übrigen gelöst und nach erfolgter Reparatur die Zelle beim Laden der Batterie eingeschaltet, beim Entladen ausgeschaltet, bis sie wieder normal funktioniert. Noch besser ist es, sie mit einer galvanoplastischen Maschine oder Thermosäule für sich nachzuladen, wobei die Lösung der Verbindungen unnötig ist.

Die von den aufsteigenden Gasblasen mitgerissene und zerstäubte Säure, sowie das verdunstete Wasser müssen zeitweise ersetzt werden, so daß die Platten stets 1 cm hoch mit Säure bedeckt sind. Man verwendet zum Nachfüllen verdünnte reine Säure, so daß im entladenen Zustande das spezifische Gewicht 1,13 bis 1,14 bleibt. Würde es über diesen Wert hinausgehen, so verwendet man zum Nachfüllen nur destilliertes Wasser.

Soll die Batterie längere Zeit unbenutzt stehen bleiben, so muß sie zuvor etwas überladen werden.

Lang andauerndes Stehen ohne Benutzung kann die Kapazität vermindern, durch öfteren Gebrauch pflegt sie sich aber wieder zu heben.

Um den sich nach und nach ansammelnden Schlamm zu entfernen, entleert man die Zellen mittels eines Hebers, nachdem man sie zuvor entladen hat [2]), spült mit Wasser aus der Wasserleitung nach, so daß der Schlamm mitgerissen wird, füllt neue Säure ein und beginnt sofort von neuem zu laden. Bei mäßigem Gebrauche der Batterie ist diese Reinigung indes erst nach einigen Jahren nötig.

---

[1]) Z. B. Kurzschluß durch heruntergefallene Füllmasse oder Verunreinigung der Schwefelsäure durch hineingefallene fremde Stoffe. — [2]) Beim Entleeren im geladenen Zustande erhitzen sich die negativen Platten infolge rascher Oxydation.

Ist es nötig, eine Bleiverbindung neu herzustellen, so macht man sich aus Schwarzblech eine Form, in welche die zu vereinigenden Bleistücke hineinpassen, und gießt den Zwischenraum entweder mit sehr heißem Blei aus, welches sich an die Enden der Bleistücke anschmilzt, oder besser mit weniger erhitztem, wobei man die Vereinigung mittels eines nicht verzinnten Lötkolbens bewirkt, welcher so stark erhitzt ist, daß er die Bleienden zum Schmelzen bringt. Umständlicher ist die Verwendung eines Wasserstoffgebläses.

Zum Laden der Akkumulatoren muß ein besonderes Schaltbrett vorhanden sein mit den nötigen Meßapparaten u. s. w. Es dürfte seinen Platz am bequemsten

Fig. 119.

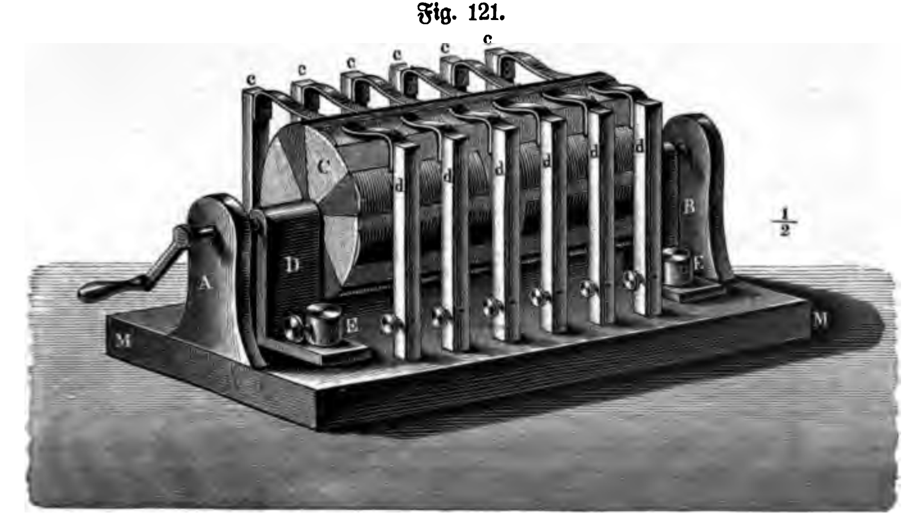


Fig. 120.



in der Versenkung unter dem Auditorium finden, da man sich hier leicht jederzeit von dem Fortgange des Entladungsprozesses überzeugen kann. Es enthält gewöhnlich außer Strom- und Spannungsmesser, Sicherungen, Ausschalter und Rheostat, noch einen Minimalausschalter (Fig. 99 a. S. 61, zu beziehen von Voigt u.

Fig. 121.



[1]) Fig. 119 zeigt ein Schaltbrett für den Betrieb eines Röntgenapparates durch Akkumulatoren, wie es von Max Kohl in Chemnitz geliefert wird.

Haeffner in Bockenheim) und einen Stromrichtungszeiger, ein einfaches Galvanoskop (Fig. 120, K 8), um die Ladung statt durch den Strom der Zentrale durch eine Dynamomaschine bewirken zu können.

Zur Entnahme von Strömen verschiedener Spannung dienen die Tachytrope oder Pachytrope und gibt es deren vielerlei. Hier mag der Tachytrop von Waßmuth Platz finden, da er sehr übersichtlich ist und sich auch leicht auf eine größere Zahl von Elementen anwenden läßt; er ist in den Figg. 121, 122 und 123 für sechs Elemente abgebildet. Auf dem Brettchen *MM* tragen die hölzernen Ständer *A*, *B* die hölzerne Walze *C*. Diese ist mit eisernen Zapfen versehen, an welchen Kupferstreifen *D* schleifen, die die Klemmschrauben *E*, *E* tragen. Diese Klemmschrauben bilden die Pole der jedesmaligen Kombination. Die Walze trägt die in Fig. 123 abgebildeten etwas konvexen Kupferstreifen; diese bilden vier Paare, und es ist das Ende *a* jeden Paares mit dem einen Zapfen der Walze, das Ende *b* mit dem anderen Zapfen verbunden. Außerdem stehen auf dem Brettchen *MM* noch auf jeder Seite der Walze je sechs Messingstäbchen; diese sind unten mit Klemmschrauben und oben mit Federn versehen. In die Stäbchen der einen Seite werden die von den sechs positiven Platten, in die anderen die von den negativen Platten kommenden Drähte geschraubt. Die Federn *a*, *f* sind so gebogen, daß sie auf der Wölbung der Kupferstreifen schleifen. Ist nun das Paar I, Fig. 123, oben, so bilden die Klemmschrauben *E* die Pole einer Säule aus nur einem aber sechsmal so großen Elemente. Das Paar II vereinigt die sechs Elemente zu zwei dreifachen, III zu drei zweifachen und IV zu sechs einfachen Elementen.

Fig. 122.

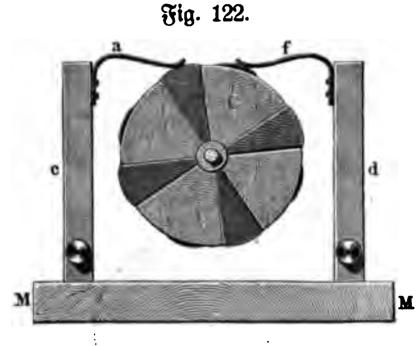
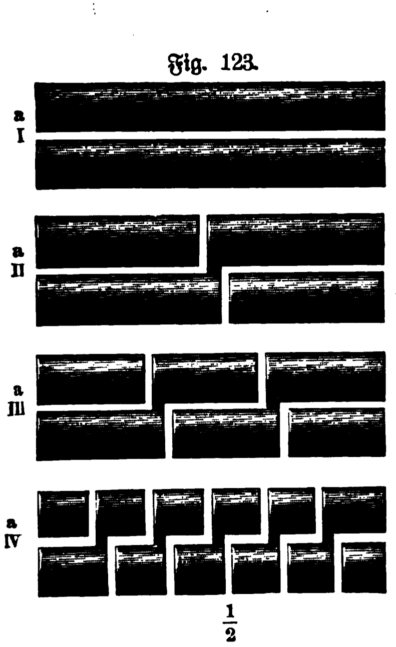


Fig. 123.



Die Fig. 123 soll mehr schematisch das Prinzip des Pachytropen als die technische Ausführung darstellen. Federnde Kontakte in der dargestellten Art sind nur für schwache Ströme zu gebrauchen. Bei stärkeren werden sie zu heiß und bei geringen Spannungen unzuverlässig. Man gebraucht deshalb gewöhnlich Quecksilbernäpfe, etwa aus Gasrohrmuffen hergestellt, welche in ein Hartholzbrett eingelassen sind, und Kupferbügel, die an einer darüber aufgestellten hölzernen Walze befestigt sind. Soll eine Verbindung hergestellt werden, so dreht man die Walze, bis die richtigen Bügel unten stehen, und senkt sie, bis die Bügel in das Quecksilber eintauchen. Um das Brett läuft eine Rinne zum Sammeln verspritzter Quecksilbertropfen.

Liefert die Zentrale Wechselstrom, so ist man genötigt, denselben zunächst durch einen rotierenden Umformer in Gleichstrom umzuwandeln. Für geringen Strombedarf genügt auch die Vorschaltung von Zellen mit Aluminium- statt Bleianode[1]) (zu beziehen von Pollack in Frankfurt a. M.) oder eines mechanischen Gleichrichters[2]) (Fig. 124).



Fig. 124.

Einen einfachen Gleichrichter, zu beziehen von Leybolds Nachf. in Köln (Preis 210 Mk.) zeigt Fig. 125. Er teilt den Wechselstrom in zwei Gleichströme, so daß man zwei Batterien gleichzeitig laden kann.

Eine Gleichrichtzelle mit Kühlschlange, zu beziehen von Grisson u. Co., Hamburg, ist in Fig. 126 dargestellt.

Maaß (Z. 11, 231, 1898) empfiehlt für Mittelschulen mit beschränkten Mitteln eine Batterie von acht Zellen, welche durch eine Gülchersche Thermosäule (Fig. 127) geladen wird und für die meisten Versuche ausreicht. Außerdem eine solche von zwölf



Fig. 125.

Fig. 126.

[1]) Siehe Grätz, Sitzb. d. bayer. Akad. 27, 223, 1897. — [2]) Zu beziehen von M. Kohl in Chemnitz zu 315 bezw. 415 Mk. für 10 bezw. 15 Amp. Der Anker eines polarisierten Unterbrechers schwingt durch geeignete Verwendung von Selbstinduktion und Kapazität synchron im Erregerstromkreis und in gleicher Phase mit dem Wechselstrom. Beeinflußt durch die Spannung der zu ladenden Batterie steuert dieser Anker einen Kontakt im Hauptstromkreis derart, daß nur Stromimpulse gleicher Richtung zugelassen werden und Schließungen und Öffnungen genau in die Zeiten der Spannungsgleichheit zwischen Batterie und Wechselstrom fallen. Hierdurch wird ein vollkommen funkenloses Arbeiten des Kontaktes erreicht, und Stromverluste werden vermieden.

Der Apparat ist für alle gebräuchlichen Wechselstromspannungen bis 240 Volt verwendbar und arbeitet ohne jede Verstellung auf jede Gegenspannung, die die Wechselstromspannung nicht übersteigt. Zur Erreichung der maximalen Ladestromstärke ist es meist erforderlich, daß die maximale Batteriespannung 5 bis 10 Proz. unter der mittleren Spannung des Wechselstroms liegt.

Wechselstrom-Gleichrichter (System Koch) liefern ferner Nostitz u. Koch, Fabrik elektr. Apparate, Chemnitz i. S.

Fig. 127.

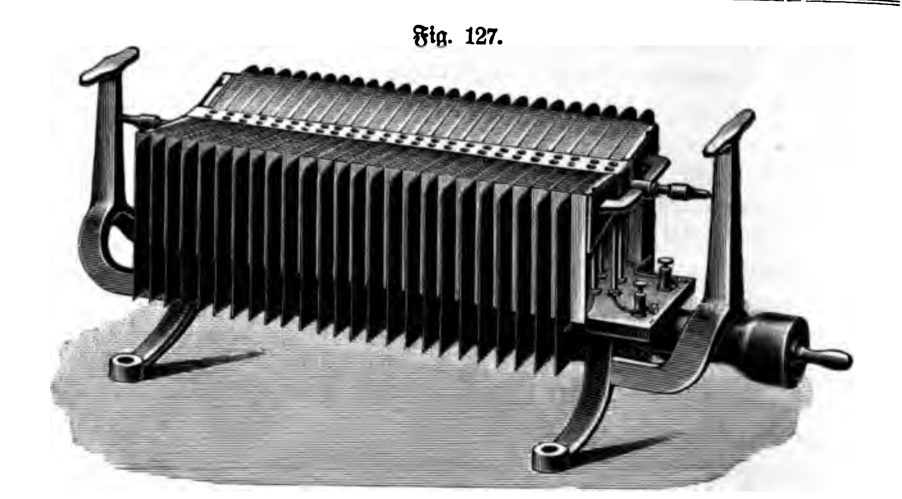


Fig. 128.



Zellen, welche zusammen mit der ersteren gebraucht wird, um eine Projektionslampe zu speisen. Die zweite Batterie wird durch die erste geladen [1]).

Fig. 129.



Leybolds Nachf. liefern die in Fig. 130 dargestellte Zusammenstellung von vier Zellen, deren Kasten zur Beurteilung des Zustandes der Zellen teilweise geöffnet werden kann, zu 75 Mk. (7,5 Amperestunden Kapazität bei 8 Volt und 2,5 Amp.). Die Zellen können nicht gefüllt und geladen verschickt werden, erfordern also zur ersten Ladung eine ergiebigere Stromquelle als eine Gülchersche Thermosäule. Zu späteren Ladungen genügt letztere.

Fig. 130.



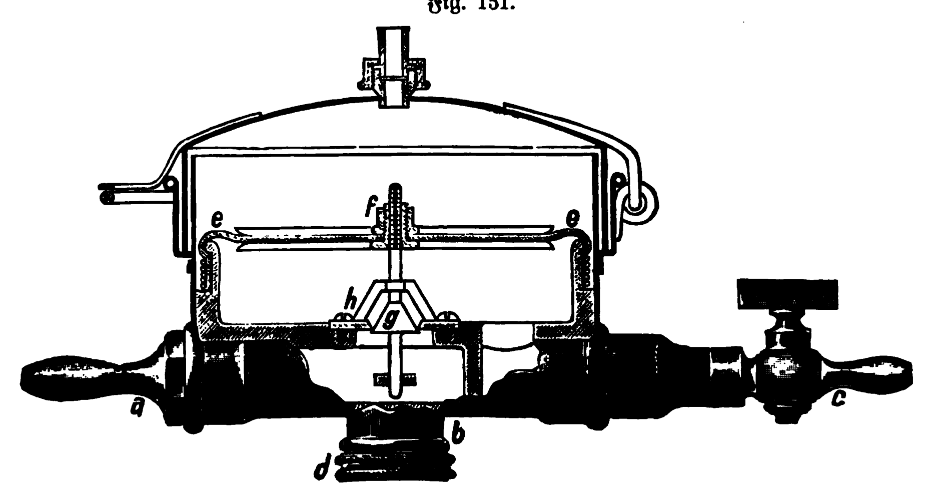
An Orten, wo der Gasdruck zeitweise höher als 50 mm Wasserdruck ist, muß vor die Thermosäule, um Beschädigung derselben zu verhindern, ein Gasdruckregulator, wie Fig. 131 (Lb, 25), geschaltet werden, bei welchem ein an der biegsamen Platte *e* befestigtes Ventil *g* den Gaszufluß vermindert, wenn der Druck zu groß wird.

Allgemein empfiehlt sich beim Gebrauch der Thermosäule zum Laden von Akkumulatoren die Einschaltung eines automatisch ausschaltenden Hahns nach

[1]) Preis bei W. A. Böse u. Co. in Berlin 200 Mk. Fig. 128 zeigt die Zusammenstellung wie sie von M. Kohl geliefert wird. Preis 75 Mk. Fig. 129 die Akkumulatorenbatterie von 12 Zellen mit Pachytrop allein (Preis für 1, 2, 3, 4, 6 Amp. und 6, 12, 18, 24, 36 Amperestunden Kapazität bezw. 190, 220, 250, 290, 330 Mk.).

Biernacki, Fig. 132 (Lb, 25), welcher sich bei unzureichendem Gaszufluß von selbst schließt und gleichzeitig den Strom unterbricht, weil die durch ein kleines

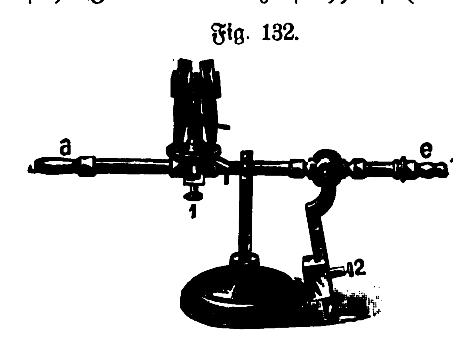
Fig. 131.



Flämmchen ausgedehnten Doppelspiralen sich zusammenziehen und dadurch eine Arretierung beseitigen, welche das an der Hahnkurbel, die zugleich als Ausschalter dient, befestigte Gewicht festhält.

F. C. G. Müller (Z. **11**, 124, 1898) begnügt sich mit einer Batterie von sechs Zellen mit Walzenpachytrop (von M. Kohl in Chemnitz), welche halbjährlich durch zwei große Bunsenelemente geladen wird. Die Grenze der Entladungsstromstärke ist 6 Amp., die Ladefähigkeit etwa 20 Amperestunden pro Zelle. Jede Ladung beansprucht 460 g Schwefelsäure (arsenfrei), 500 g rohe Salpetersäure und 340 g Zink. Es ist namentlich darauf zu achten, daß die Bunsenelemente genügend Schwefelsäure aufnehmen können. Das Zink wird auf einen 3 cm breiten Glasstreifen gestellt, damit unten ein leerer Raum entsteht, wo sich das gebildete Zinksulfat ansammeln kann. Die Amalgamierung muß so stark sein, daß das Quecksilber abtropft.

Fig. 132.



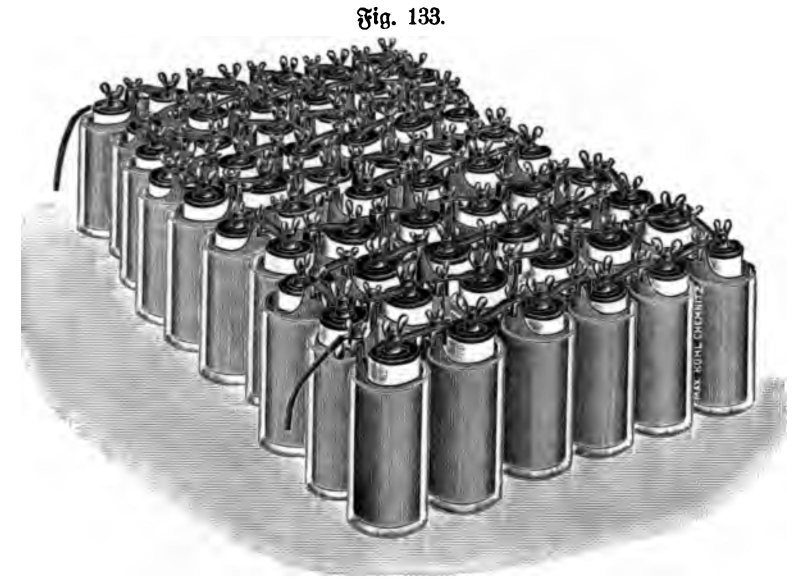
Empfohlen wird auch zum Laden der Akkumulatoren das **Kupronelement**[1]), bestehend aus Kupferoxyd und Zinkplatten in Natronlauge. Es gibt konstant eine Spannung von 0,8 Volt und kann auch zum Betriebe kleiner Glühlampen benutzt werden. Beim Betriebe wird das Kupferoxyd reduziert. Beim Aufhängen der Platten in warmer Luft stellt es sich von selbst wieder her. W. Weiler (Z. 8, 270, 1895) hält fünf Elemente für den Bedarf einer Mittelschule für ausreichend.

Galvanische Batterien, für deren Aufstellung früher gewöhnlich ein

[1]) Zu beziehen von Umbreit und Matthes, Elektrotechnische Fabrik, Leipzig-Plagwitz, Ziegelstr. 19.

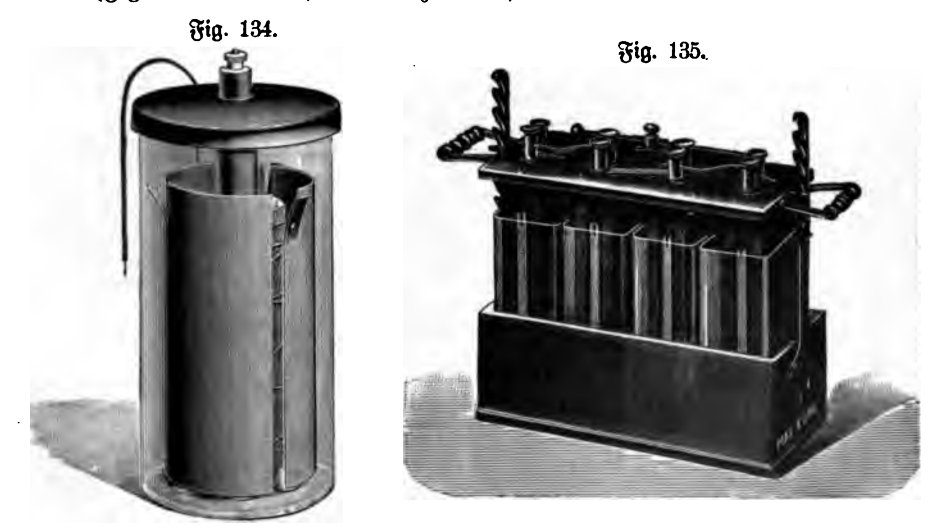
besonderes „**Batteriezimmer**“ vorgesehen war, werden heute nur noch da gebraucht, wo anderweitige Stromgewinnung sich nicht ermöglichen läßt. Gewöhnlich werden **Bunsensche** Elemente benutzt (Fig. 133, nach M. Kohl) oder falls nur

Fig. 133.



sehr schwache, aber konstante Ströme nötig sind, **Meidinger**-Elemente oder ähnliche, wie sie auch für Klingel- und Telephonanlagen gebraucht werden[1]). Für kurz dauernde stärkere Ströme werden vielfach die Chromsäure-Tauchbatterien verwendet (Fig. 135 und 136, K 56 bezw. 190).

Fig. 134. Fig. 135.

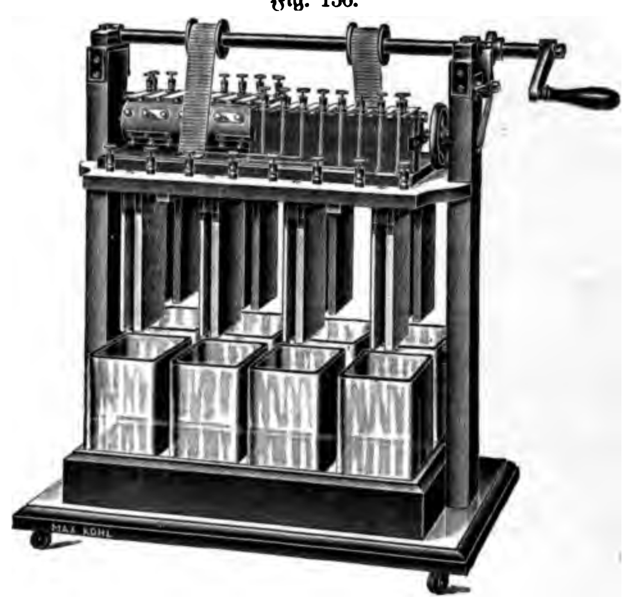


Um die Zahl der angeschlossenen Elemente einer Batterie zu ändern, dienen **Zellenschalter** oder **Stromwähler**. Fig. 137 zeigt einen Stromwähler von

[1]) Fig. 134 zeigt ein neueres derartiges Element nach Hellesen, zu beziehen von Siemens u. Halske in Berlin.

Reiniger, Gebbert u. Schall in Erlangen, bestehend aus zwei voneinander unabhängigen Kurbeln, die auf Messingwarzen schleifen. In jeder Warze hängt

Fig. 136.



das Zink eines Elementes mit der Kohle des nächsten zusammen. Eine der Kurbeln trägt eine Kreisteilung, auf welcher ein an der anderen befestigter Index die Zahl der eingeschalteten Elemente angibt. Man kann damit jedes beliebige Element einzeln und jede beliebige Gruppe von Elementen, von Anfang, Mitte oder Ende der Batterie aus, einschalten und also jedes Element prüfen und deren Gesamtheit gleichmäßiger und sparsamer ausnützen.

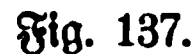
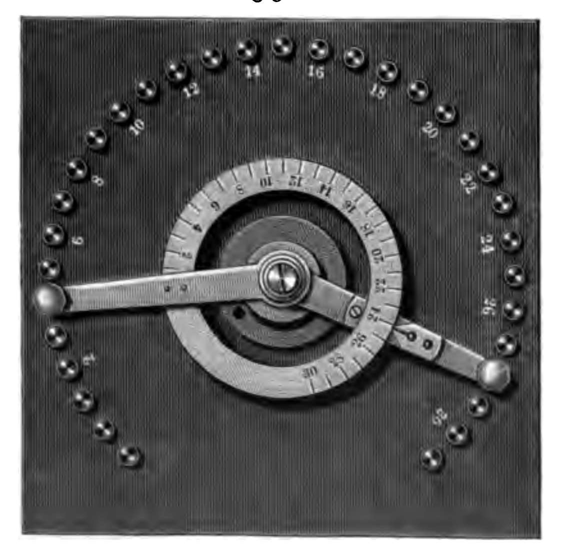


Fig. 137.



Zellenschalter, wie sie für größere elektrotechnische Anlagen zum Laden der Akkumulatoren nötig sind, scheinen mir für die Zwecke des Physikers entbehrlich und unvorteilhaft, da keine ständige Wartung möglich ist.

16. Elektromotoren. Mit der elektrischen Leitung ist zugleich eine Transmission für Bewegung gegeben, da an jeder beliebigen Stelle des Experimentierraumes leicht die elektrische Energie des Stromes mit Hilfe von Elektromotoren in Bewegung umgesetzt werden kann.

Über die Einrichtung und Behandlung sei auf das Kapitel über Dynamomaschinen verwiesen [1]).

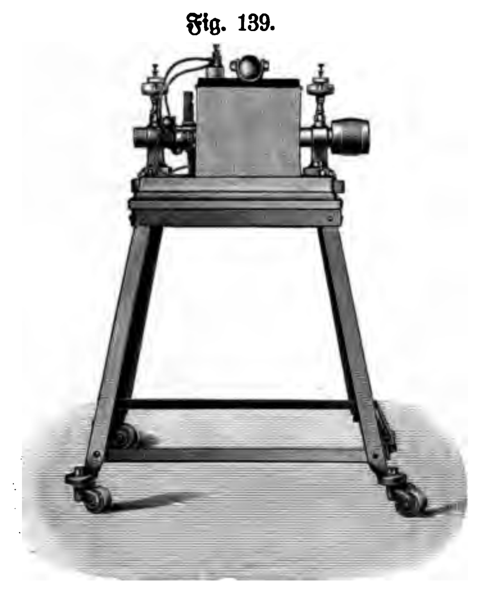
Von den Gleichstrommotoren (Fig. 138) sind im allgemeinen die Nebenschlußmotoren vorzuziehen, da sich ihre Tourenzahl genau regulieren läßt und bei wechselnder Belastung nahezu konstant bleibt [2]). Hauptstrommotoren finden nur da Anwendung, wo große Anzugskraft notwendig ist. Die Verbundmotore vereinigen die Vorzüge beider, ihre Tourenzahl ist nahezu unabhängig von der Belastung, für die hier vorliegenden Zwecke sind indes Nebenschlußmotoren durchaus ausreichend.

Ich pflege die Motoren auf ein aus Winkeleisen konstruiertes Gestell zu montieren (Fig. 139), dessen Füße mit Möbelrollen versehen sind, so daß es leicht an jeden gewünschten Ort geschoben werden kann.

Fig. 138.



Fig. 139.



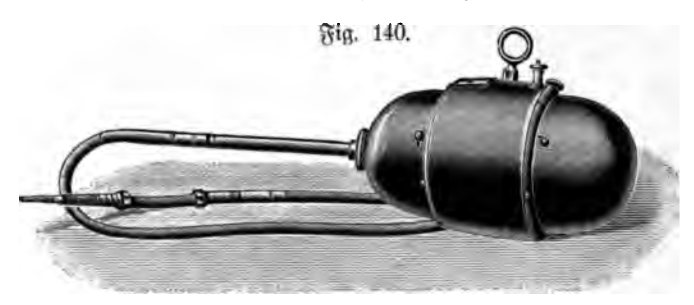
Häufig kann der in Umlauf zu setzende Körper, z. B. ein mit Bremse versehenes Kalorimeter zur Bestimmung des mechanischen Wärmeäquivalents direkt auf die Achse gesetzt werden, so daß es nicht nötig ist, das Gestell besonders zu befestigen, es genügt, die Rollen aus der parallelen Stellung herauszudrehen, um dem ganzen genügende Stabilität zu geben. Soll die Bewegung von dem Motor durch Riemen auf einen anderen Apparat übertragen werden (z. B. eine Dynamomaschine), so schiebt man unter die die vier Füße verbindenden Eisenstangen

[1]) Umlaufzähler in Taschenuhrformat sind zu beziehen von Dr. Oskar May, Elektrotechnisches Bureau, Frankfurt a. M., Hermannstr. 30. Preis 18 bis 25 Mk. — [2]) Bezugsquellen für Elektromotoren sind: Siemens u. Halske, Berlin; Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft, Berlin; Helios, Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, Köln-Ehrenfeld; Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vorm. Schuckert u. Co., Nürnberg; Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vorm. W. Lahmayer u. Co., Frankfurt a. M.; Elektromotor, Berlin NW. 6, Schiffbauerdamm 21; Wichler u. Sannig, Elektromotorenfabrik, Leipzig-Lindenau; Maxwerke Harff u. Schwarz, Köln a. Rh.; Bismarckwerke Bergerhof; Elektrizitätswerke Wunderlich u. Herrmann, G. m. b. H., Hannover; Gesellschaft für elektrische Industrie, Karlsruhe; Electricité & Hydraulique, Société anonyme, Charleroi (Berlin W., Potsdamerstr. 92); G. Meidinger, Basel; Bayer. Elektrizitäts-Gesellschaft Helios, München-Landshut; Braunschweigische Maschinenbauanstalt, Braunschweig. Neuerdings haben sich Siemens u. Halske und Schuckert vereinigt unter der Firma Siemens-Schuckert-Werke, G. m. b. H., Berlin SW., Askanischer Platz 3.

Holzklötze mit Keilen, welche man so weit eintreibt, daß die Rollen den Boden eben nicht mehr berühren. Eventuell kann dann noch durch übergeschraubte Querstangen eine weitere Sicherung bewirkt werden.

In manchen Fällen kann auch die Bewegung durch eine sogenannte biegsame Welle (Stahldrahtspirale in Lederschlauch) übertragen werden. Die Fig. 140 zeigt

Fig. 140.



einen derart vorgerichteten Elektromotor der elektrotechnischen Werkstätte in Darmstadt. Notwendige Nebenapparate für Elektromotore sind der Anlaß- resp. Regulierwiderstand und ein Maximalausschalter zum Schutz gegen Überlastung. Sie werden zweckmäßig an dem Gestell des Motors befestigt.

Anlaß- und Nebenschlußregulierwiderstände werden meist miteinander kombiniert, und zwar so, daß beim Einschalten zuerst die Magnetwickelung und dann der Anker Strom erhält.

Würde nämlich ein stillstehender Nebenschlußmotor ohne weiteres an ein Netz angeschlossen, so entstände gewissermaßen Kurzschluß, weil der Widerstand des Ankers sehr klein ist und die elektromotorische Gegenkraft fehlt. Es muß daher der Anlaßwiderstand so eingerichtet sein, daß zunächst Widerstand für die Ankerwickelung eingeschaltet wird, welcher allmählich in dem Maße wie die Geschwindigkeit des Ankers und damit die Gegenkraft zunimmt, ausgeschaltet wird. Um zu rasches Einschalten

Fig. 141.



Fig. 142.



zu verhindern, sind entweder mechanische Sperrvorrichtungen angebracht oder im einfachsten Falle ein Maximalausschalter, welcher den Strom unterbricht, falls derselbe eine unzulässige Stärke erreicht. Schon vor dem Ankerstrom muß der Nebenschluß geschlossen sein. Soll nun die Maschine größere Tourenzahl annehmen

so muß die Feldstärke vermindert werden, der Anlaßwiderstand ist deshalb so eingerichtet, daß beim Weiterdrehen der Kurbel, nachdem aller Widerstand vor dem Anker ausgeschaltet ist, nunmehr Widerstände vor dem Nebenschluß eingeschaltet werden. Beim Abstellen werden umgekehrt diese zuerst wieder ausgeschaltet, sodann die des Ankers wieder eingerückt, dann zuerst der Ankerstrom und erst zuletzt der Magnetisierungsstrom geöffnet. Würde letzteres plötzlich geschehen, so könnte durch den auftretenden Extrastrom die Isolierung der Spulen durchschlagen werden. Beim Weiterdrehen der Kurbel werden deshalb zunächst wieder Widerstände vor den Nebenschluß geschaltet und so zunächst eine allmähliche Abschwächung des Stromes bewirkt [1]).

Gute Drehstrommotoren [2]) (Figg. 141 und 142) sollen bereits von einer Pferdestärke an beim Anziehen das Doppelte der normalen Kraft entwickeln können. Der Leistungsfaktor (Kosinus des Phasenverschiebungswinkels) soll 0,88 bis 0,9 betragen.

Ein Nachteil der Elektromotoren ist, daß die normale Tourenzahl für die gewöhnlichen Bedürfnisse eine viel zu hohe ist. Man kann nun zwar beim Nebenschlußmotor mittels des Nebenschlußregulators durch Erhöhung der Feldstärke die Tourenzahl theoretisch beliebig vermindern [3]); in der Praxis empfiehlt sich indes diese Reduktion nur auf etwa 10 oder 20 Prozent. Es werden ferner Motoren gebaut, bei denen eine weitere Regulierung dadurch möglich ist, daß sich die Ankerwickelung aus mehreren Teilen zusammensetzt, die nach Bedarf parallel oder hintereinander geschaltet werden können und dadurch noch größere Änderungen zulassen. Aber alle diese Mittel sind unzureichend.

Fig. 143.



Durch Riemenübertragung lassen sich nicht wohl stärkere Übersetzungen als 1 zu 6 bewirken, man muß also ein Vorgelege anwenden. Gewöhnlich wird das Vorgelege direkt an dem Motor befestigt [4]), oder an dem Gestell, auf welchem dieser montiert ist. So zeigt z. B. die Fig. 143 einen von der elektrotechnischen Werkstätte in Darmstadt zu beziehenden Gleichstrommotor mit doppelter Schneckenübersetzung.

Wird Zahnradübersetzung gewählt, so kann man die Anordnungen Fig. 144

---

[1]) Graphitanlaßwiderstände für ein- bis fünfpferdige Motoren liefert zum Preise von 30 bis 90 Mk. Carl Flohr, Berlin N., Chausseestr. 28b. — [2]) Als Spezialität liefert solche Motoren die Gesellschaft für elektrische Industrie in Karlsruhe. Dieselben sind mit Kugellagern ausgestattet, wodurch nicht nur der Wirkungsgrad erheblich erhöht, sondern auch die sonst sehr lästige Schmierung sehr vereinfacht wird. Siemens und Halske in Berlin liefern die kleinsten von $^1/_{10}$ PS zu 120 Mk., größere von 1 PS zu 265 bis 450 Mk., vierpferdige von 580 bis 730 Mk. u. s. w. — [3]) Die Gesellschaft für elektrische Industrie in Karlsruhe liefert Motoren, deren Geschwindigkeit im Verhältnis 1 zu 6 allein durch den Nebenschluß reguliert werden kann. — [4]) Schneckenräder (eine Art Globoidschnecken) mit besonders hohem Nutzeffekt liefert die Maschinenfabrik von Lorenz in Ettlingen.

bezw. 145 und 146, bezw. 148 benutzen. Bei letzterer wird die Maschine kompendiöser und im Gebrauch weniger gefährlich [1]).

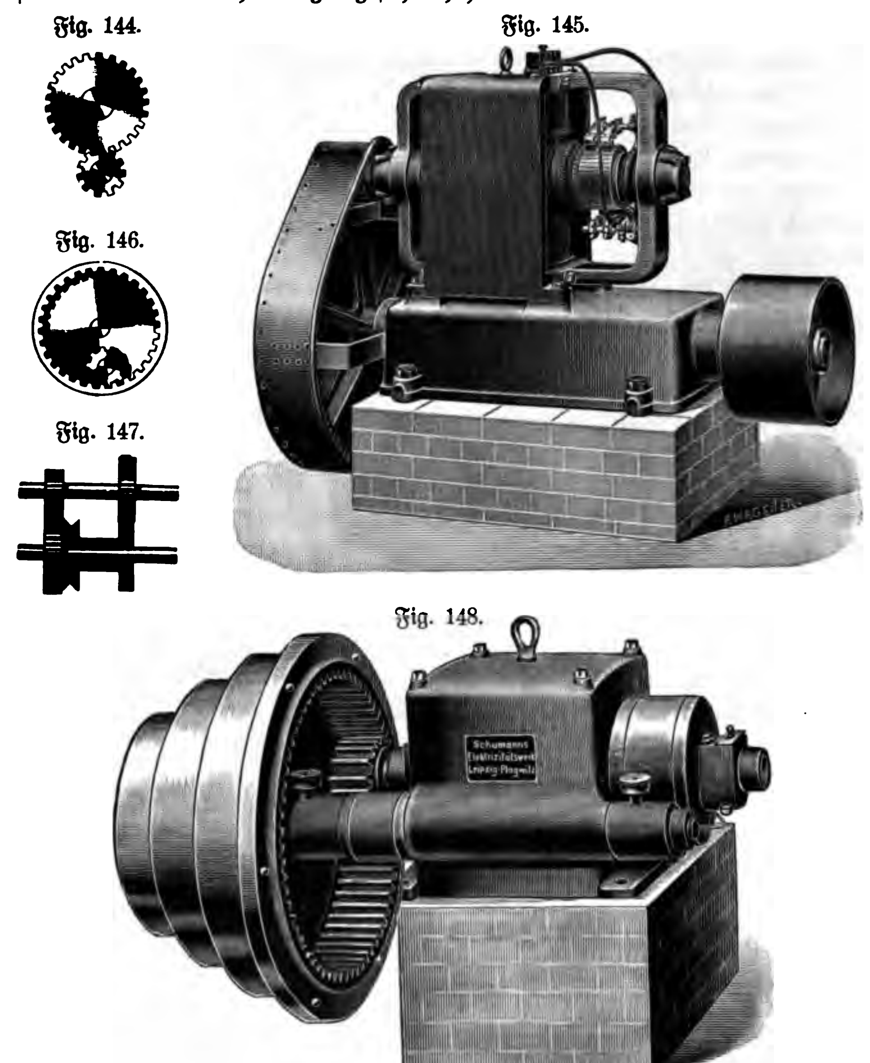


Fig. 144. Fig. 145. Fig. 146. Fig. 147. Fig. 148.

Besonders kompendiös ist das bei Drehbänken gebräuchliche Vorgelege, Fig. 147, dessen direkte Anwendung indes einen Motor mit hohler Achse voraussetzen würde.

Sehr hohe Übersetzungen (bis 1:30 und mehr) ermöglicht das Grisson-Getriebe [2]), bei welchem der Trieb, wie Fig. 149 zeigt, nur einen einzigen Zahn hat; die Nutzleistung soll 96 Proz. betragen. Im allgemeinen dürften aber alle Zahnradgetriebe wegen ihres geräuschvollen Ganges zu verwerfen sein [3]).

[1]) Gleichstrommotoren nach Fig. 145 liefern Siemens u. Halske, Berlin; solche nach Fig. 148 Schumanns Elektrizitätswerke, Leipzig-Plagwitz; Drehstrommotoren mit Zahnradvorgelege liefern z. B. Brown, Boveri u. Co., Akt.-Ges., Mannheim-Kaeferthal und die Gesellschaft für elektrische Industrie in Karlsruhe. — [2]) Zu beziehen von Grisson u. Co., Hamburg. — [3]) Geringer als bei Metallrädern ist das Geräusch bei Rothauträdern, zu beziehen von Gebr. Burgdorf, Altona-Hamburg.

Die Fig. 150 zeigt einen Elektromotor mit **Zentratorkuppelung**, welche ein Übersetzungsverhältnis von 1:5 bis 1:12 ermöglicht und schon bei Elektromotoren von 1/2 PS ausgeführt wird[1]). Sie besteht aus federnden Stahlringen, welche durch einen Klemmring gegen die rasch laufende Welle gepreßt und von ihr in Rotation versetzt werden.

Die wesentlichsten Teile der Konstruktion sind ersichtlich aus der Durchschnittszeichnung, Figg. 151 und 152. Es bedeuten: 1. Schnellaufende Motorwelle.

Fig. 149. Fig. 150.

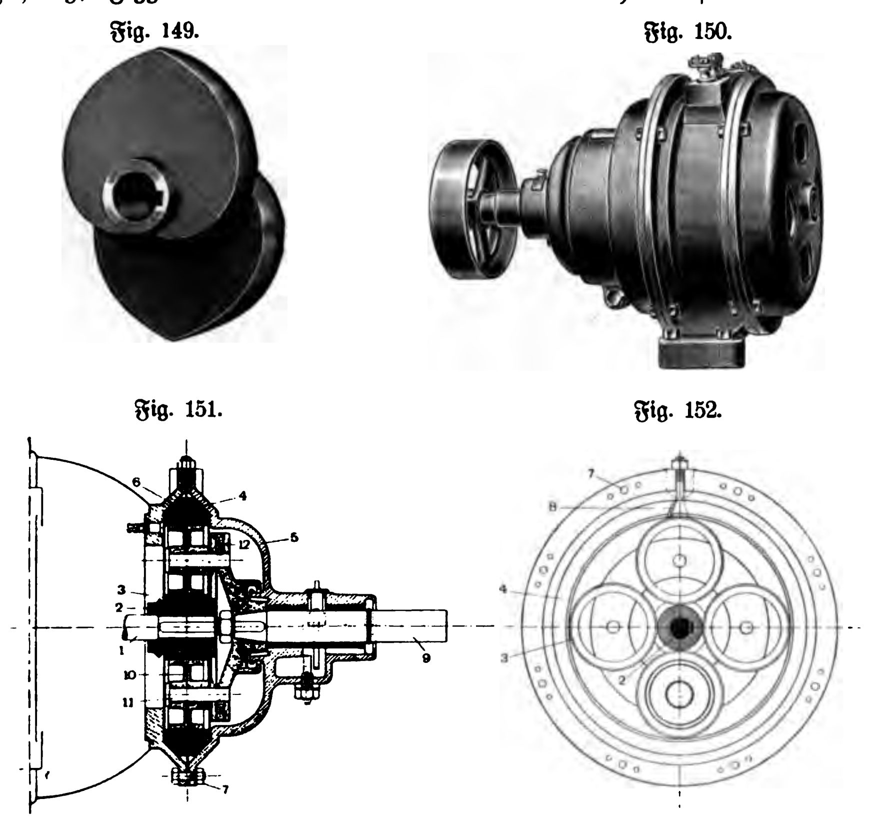


Fig. 151. Fig. 152.

2. Laufrolle. 3. Federnde Stahlringe. 4. Klemmring. 5. Zwischenstückchen zur Regulierung des Klemmringes. 6. Ölnäpfchen. 7. Bolzen zum Anziehen des Klemmringes. 8. Leitrollen. 9. Mitnehmerscheibe. 10. Bolzen der Leitrollen. 11. Ölloch der Mitnehmerscheibe. 12. Schräge Öffnung des Klemmringes. 13. Langsam laufende Welle der Zentratorkuppelung.

Kleinere Elektromotoren (Figg. 153, 154, 155; K, 90 bis 80) werden als Hauptstrommotoren ausgeführt, wobei sich die Tourenzahl durch Vorschaltwiderstände leicht regulieren läßt. Beispielsweise zeigt Fig. 156 eine von **Leppin u. Masche**, Berlin SO., Engelufer 17, zu beziehende Schwungmaschine mit Elektromotor.

Ein gußeisernes Gestell mit zwei Böcken trägt einen Motor, welcher in den Lagern drehbar ist, um ihn in jeder Lage, vor allem horizontal und vertikal, ver=

[1]) Von der Kölner Elektrizitäts=Aktiengesellschaft vorm. **Louis Welter u. Co.**, Köln a. Rh., Zollstock, Vorgebirgstr. 113. Die Motoren machen 62 bis 190 Touren pro Minute und kosten 325 bis 1260 Mk. bei einer Leistung von 0,5 bis 10 PS.

wenden zu können; die Feststellung erfolgt durch eine Knebelschraube. Unmittelbar auf der Achse des Ankers ist ein Aufsatz angebracht mit Schnurscheibe und Hohlkonus, wie bei den einfachen Schwungmaschinen, so daß die Nebenapparate in ihrer

Fig. 153.

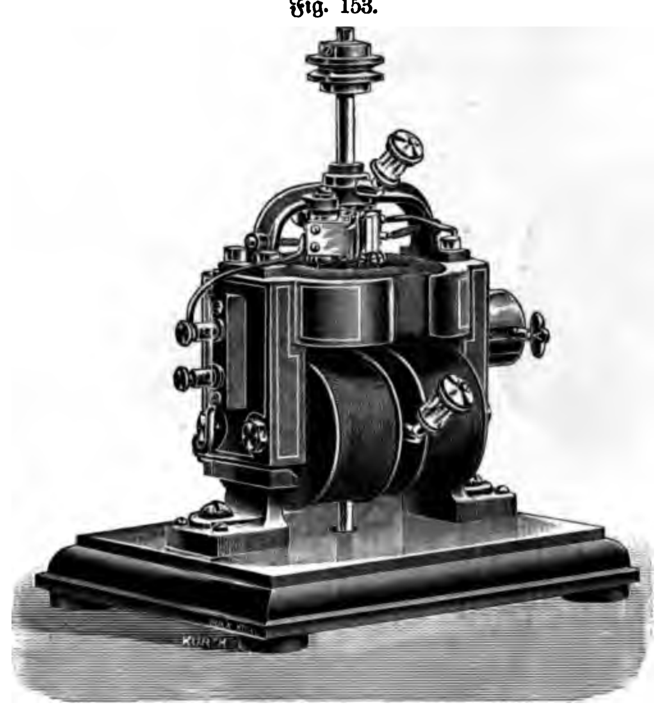
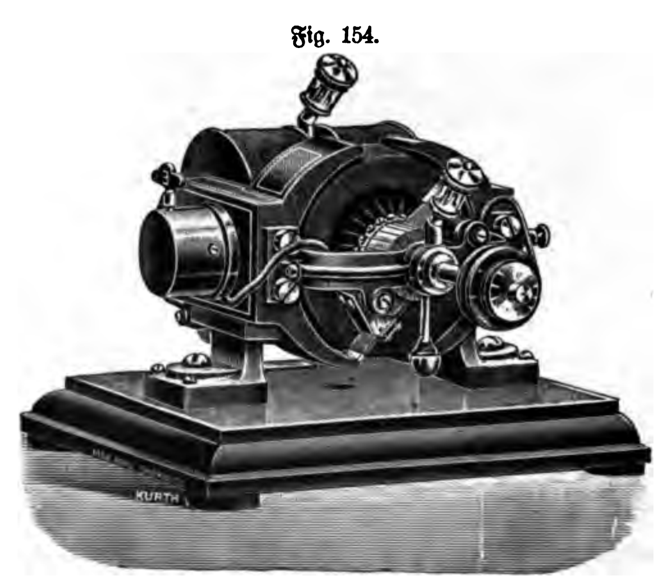


Fig. 154.



bisherigen Gestalt bleiben. Die Wickelung des Motors ist für direkten Anschluß an eine Starkstromleitung bemessen; am vorderen Teil des Eisengestelles ist eine Anschlußdose angebracht. Um die Umdrehungszahl in möglichst weiten Grenzen regulieren zu können (von 400 bis 2600 Touren pro Minute), ist die Maschine

Fig. 155.



Fig. 156.

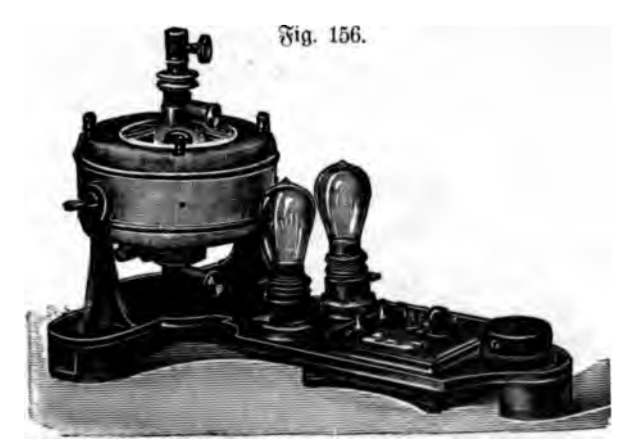
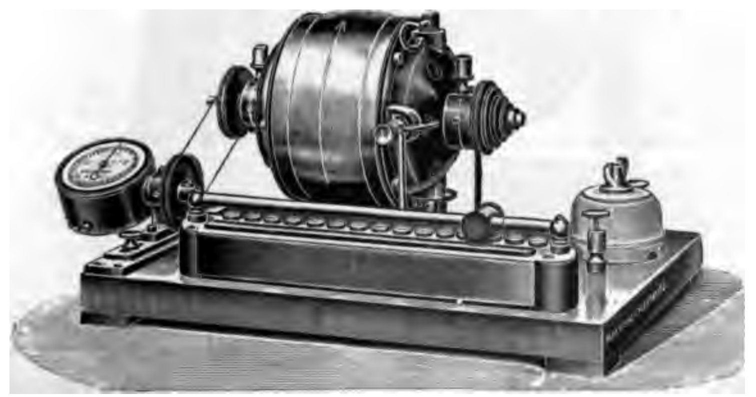


Fig. 157.



mit einem Anlaß- und Regulierwiderstand, welcher auch als Ausschalter dient, versehen, ferner besitzt sie zwei Fassungen zum Einschrauben von Sicherungen oder Glühlampen von verschiedener Kerzenstärke als Vorschaltwiderstand (Preis 172 Mk.).

Zur Beurteilung der Umdrehungszahl wird häufig mit dem Elektromotor ein Tachometer verbunden, z. B. wie Fig. 157 ($^1/_{40}$ PS, 110 Volt, 2000 Touren pro Minute, K, 165) zeigt.

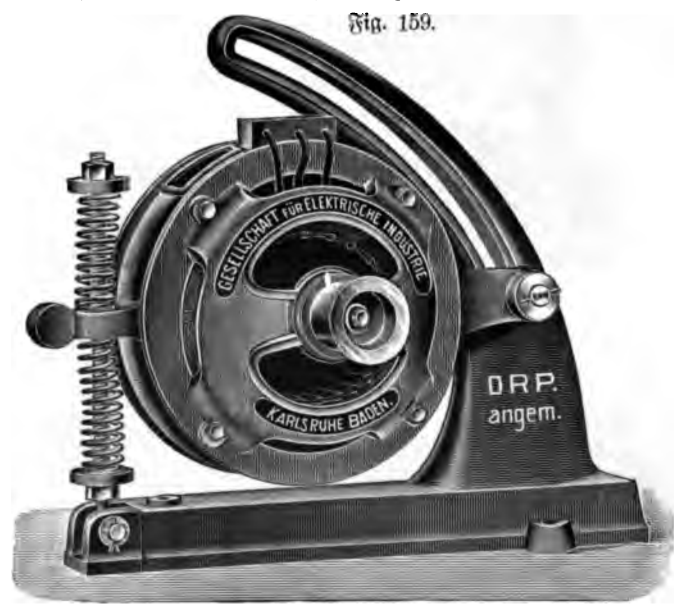
17. **Die Transmission.** Schon das Hereintransportieren und Aufstellen eines schweren Elektromotors ist eine lästige und zeitraubende Arbeit. Dazu versperrt er viel nützlichen Platz im Auditorium, ganz besonders wenn wegen zu großer Tourenzahl die Beifügung eines Vorgeleges nötig fällt. Eine Transmission verdient aus diesem Grunde den Vorzug.

Auch vom pädagogischen Standpunkte ist die Transmission öfters vorzuziehen, da man sie mehrfach in Dynamik und Thermodynamik braucht, d. h. zu einer Zeit, zu der der Elektromotor noch nicht erklärt ist, und da es für jene Zwecke überhaupt einerlei ist, durch welchen Motor die Bewegung hervorgebracht wird, ob etwa einfach durch ein mit Hand betriebenes Schwungrad oder in irgend welcher anderen Weise. Der Motor selbst braucht also nicht sichtbar zu sein.

Fig. 158.

Kleinere Elektromotoren, welche nicht viel Platz einnehmen und kein störendes Geräusch verursachen, kann man in der Versenkung unter dem Auditorium anbringen und die Kraft durch einen Riemen (Fig. 158) oder eine biegsame Welle durch den Fußboden heraufführen. Zum Anspannen des Riemens werden sie zweckmäßig auf einer sogen. Wippe (Fig. 159) angebracht, wobei das Gewicht des Motors die Spannung bewirkt.

Fig. 159.



Für den hier hauptsächlich in Betracht kommenden großen Elektromotor von 8 bis 12 PS ist ein besonderer Raum mit solidem Fundament für den Motor vorzusehen. Von dem Motor aus, dessen Zuleitung und Regulatoren nebst Aus-

schaltern und Meßinstrumenten am Schaltbrett im Auditorium angebracht sind, leitet man die Bewegung auf eine Transmissionswelle[1]), welche unter dem Experimentierraum endigt.

Der Riemen zur Übertragung der Bewegung auf die Welle soll möglichst lang sein, damit er die nötige Elastizität besitzt. Um den Riemen auflegen und spannen zu können, soll der Motor auf einem Schlitten befestigt sein, welcher durch Druckschrauben verschoben werden kann.

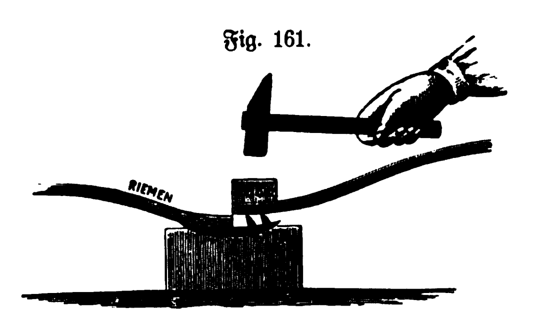
Man verwendet in solchem Falle endlose, gekittete, einfache Riemen[2]).

Neue Riemen haben die unangenehme Eigenschaft, sich mit der Zeit bis zu einem Maximum immer mehr zu verlängern. Um hierdurch nicht belästigt zu werden, ist es nötig, die Streckung durch dauernde Belastung schon vor dem Kitten vorzunehmen. Bei Anschaffung des Riemens muß man daher Garantie verlangen, daß die Streckung schon vollzogen ist. Sollte sich die Dehnung dennoch unangenehm bemerkbar machen, so kann man natürlich bis zu gewissem Grade den Riemen mittels der Druckschrauben am Schlitten spannen. Ferner kann Kürzen bis zu 2 Proz. bewirkt werden, indem man sogenanntes Riemenfett[3]) (Mischung von Stearin, Talg, Bienenwachs u. s. w.) während des Betriebes zwischen Riemen und Scheibe wirft. Durch Auftragen von Kolophoniumpulver die Reibuug zu vergrößern, ist nicht zu empfehlen.

Fig. 160.



Fig. 161.



Auch Mineralöl soll von den Riemen ferngehalten werden, da dieses in kurzer Zeit das Leder hart und brüchig macht[4]).

Ist die Verlängerung des Riemens zu groß, aber doch nicht genügend, um nach dem Durchschneiden die Enden etwa 20 cm übereinander legen zu können, und reicht auch die Zeit nicht, ihn in der Fabrik neu kitten zu lassen, so schneidet man ein angemessenes Stück heraus und verbindet die

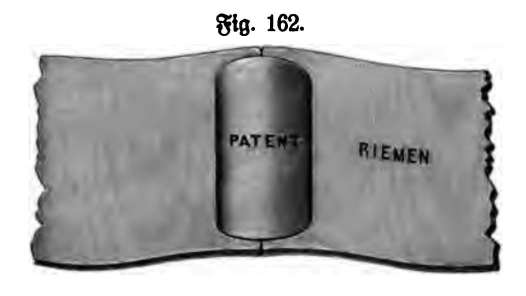
---

[1]) Wellen liefern Koch und Wellenstein, Ratingen. — [2]) Doppelte Riemen sind gleichmäßiger, aber für gewöhnliche Zwecke zu steif. Auch endlose gewobene Riemen sind in Gebrauch, dürften aber weniger bequem und haltbar sein als lederne. Bezugsquellen sind: Wuppermann, Aachen; Konr. Heucken u. Co., Treibriemenfabrik, Aachen; J. Bosch, Mannheim; G. D. Bantlin, Reutlingen; Reiche u. Halberstam, Treibriemenfabrik, Berlin SO., Köpenickerstr. 48/49; C. Otto Gehrckens, Hamburg; Ernst Kuschnitzky, Leder- und Treibriemenfabrik, Gleiwitz, Oberschles.; Arnold Frommeyer (Rawhide-Treibriemen), Hannover; Gustav Kunz, Treibriemenweberei, Akt.-Gesellschaft, Treuen i. S. (Endlose Kamelhaarriemen); Richard Appel, Treibriemenfabrik, Frankfurt a. M., Bockenheim; W. Kempchen sen., Oberhausen (Rheinl.). — [3]) Zu beziehen von Oertgen u. Schulte, Fabrik chem.-techn. Produkte, Duisburg. — [4]) Zur Konservierung der Riemen wird empfohlen, dieselben zeitweise mit lauwarmem Wasser zu reinigen und nach dem Trocknen mit einer lauwarmen Mischung von säurefreiem Talg und Fischtran einzureiben.

Enden wieder durch einen Harrisschen Riemenverbinder[1]). (Figg. 160 bis 162.)

Um einen solchen Riemenverbinder anzubringen, legt man die Riemenenden, stumpf aneinander stoßend, auf ein Stück entsprechend gewölbtes Hirnholz, setzt den Verbinder auf und schlägt ihn mittels eines zweiten Holzklotzes und eines Hammers ein (Fig. 161). Läuft ein Riemen über sehr kleine Rollen, so empfiehlt es sich, die Wölbung des Verbinders durch einige Hammerschläge entsprechend zu vermehren.

Fig. 162.



Hat man genügend Zeit, um den Riemen neu kitten zu können, und können die Enden auf genügende Strecke (etwa 20 cm) übereinander gelegt werden, so schrägt man die Enden mittels eines scharfen Sattlermessers so ab, daß sie beim Übereinandergreifen die einfache Riemendicke ergeben, leimt die rauh gemachten Flächen mit Riemenleim (zu beziehen von den Riemenfabriken) aufeinander und setzt die Verbindung zwischen starken Holzplatten einem kräftigen Drucke (mit mehreren Schraubzwingen) aus, bis der Leim erhärtet ist. Zweckmäßiger läßt man das Neukitten in der Fabrik besorgen, vorausgesetzt, daß der gekittete Riemen ohne besondere Schwierigkeit auf die Transmission aufgebracht werden kann.

Im Notfall kann der Riemen auch genäht werden, was jeder Sattler besorgen kann.

Durch zangenartige Instrumente (Fig. 163) kann man das Vernähen auch mit verzinnten Stahldrahtklammern bewirken. Ferner sind im Handel verschiedenartige Riemenschrauben und andere Riemenverbinder zu haben, die sich zwar sehr rasch und bequem einsetzen lassen, indes wegen des klappernden Geräusches beim Aufschlagen auf die Riemenscheiben weniger eignen dürften.

Fig. 163. Fig. 164.



Läßt sich der Motor nicht auf einem Schlitten verschieben, was für einen Gas- oder Wassermotor stets zutrifft, so sucht man den Riemen aufzudrehen, was häufig derart geschieht, daß man den Riemen provisorisch mit einem Strick an die Scheibe bindet. Riemen von mehr als 10 cm Breite dürfen nicht aufgedreht

[1]) Zu beziehen von Otto Kötter, Werkzeugfabrik in Barmen, das Dutzend zu 1 bis 4 Mk.

werden, namentlich nicht, wenn der Scheibenrand scharf ist. Der Riemen muß vielmehr in ungeschlossenem Zustande aufgelegt und nun erst mittels eines Riemenspanners[1]) (Fig. 164) zusammengezogen werden, worauf man ihn vernäht, verkittet oder sonstwie verbindet.

Der Durchmesser der Riemscheiben, namentlich wenn dieselben aus Metall bestehen, darf nicht zu klein sein. Gleiten die Riemen, so macht sich dies durch

Fig. 165.

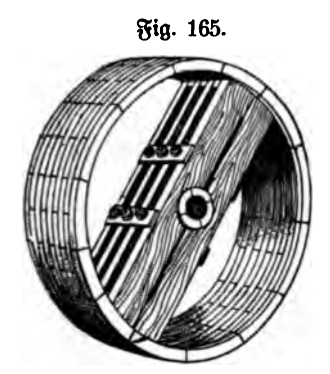


Fig. 166.



Warmwerden der Riemscheiben bemerklich. Ganz läßt sich das Gleiten nicht vermeiden; bei Berechnung der Größe der Riemscheiben muß man deshalb für jede Übersetzung 2 bis 3 Proz. größere Geschwindigkeit als notwendig annehmen. Sehr kleine Riemscheiben müssen beledert werden. Zweckmäßig sind auch zweiteilige hölzerne Riemscheiben, sowie solche aus Papier[2]).

Fig. 167.



Gewöhnlich gebraucht man zweiteilige schmiedeeiserne Riemscheiben. Gußeiserne Riemscheiben sind billiger, indes sehr schwer, und verursachen deshalb unnötigen Kraftverlust[3]).

Damit die Riemen sich auf den Riemscheiben halten, ist es notwendig, daß die Drehachsen genau parallel sind. Alle Wellen werden deshalb zunächst mit der Wasserwage genau horizontal gerichtet. Sodann legt man über die beiden Achsen, dicht an die Ränder der einen Riemscheibe anschließend, ein

[1]) Von E. Sonnenthal in Berlin zum Preise von 23 Mk. zu erhalten. — [2]) Solche hölzerne Riemscheiben (Fig. 165) liefern: G. Kiesel u. Co., Berlin W. 57; Fritz Steller, Barmen 9; J. G. Raum, Holzriemenscheibenfabrik, Nürnberg; A. Friedr. Flender u. Co., Düsseldorf-Reisholz; Holzbearbeitungs- und Waggonfabriken, Akt.-Ges., Linden-Hannover; R. Becker, Frankfurter Industriewerke, Frankfurt a. M.; Karthaus u. Co., Dresden-Pieschen; Paul Grosset, Posthof 225, Hamburg. Riemscheiben aus Hartpapier liefert: Herm. Fr. Löscher, Gera, Thüringer Hartpapierwarenfabrik. Martin Glaßner, Maschinenfabrik, Ratibor, Oberschlesien, liefert Riemscheiben aus gebogenem Holz (Fig. 166). — [3]) Bezugsquellen: W. Sellnick, Kassel; Wiedenbrück u. Wilms, Köln-Ehrenfeld; Frankfurter Industriewerke Wilh. Simson, Frankfurt a. M. Sehr leichte zweiteilige Patent-Stahlblech-Riemscheiben sind zu beziehen von Rohrböcks Söhne, Wien, Gumpendorferstr. 122. Federnde Schmiedeeisenriemscheiben, nach Fig. 167, liefert Sonnenthal jun., Berlin. Siehe auch bei Transmissionsteilen.

genügend langes Lineal oder eine gespannte Schnur und sieht zu, ob die zweite Riemscheibe genau daran anschließt, d. h. beide Scheibenränder in derselben Ebene liegen, oder, falls die Breite verschieden ist, ob der Rand beiderseits gleich viel absteht. Selbstverständlich muß diese Arbeit besorgt werden, ehe die Schienen des Elektromotors definitiv auf dem Fundament befestigt werden. Die feinere Justierung erfolgt so, daß man den Riemen auflegt und ihn langsam laufen läßt. Zeigt sich eine Neigung des Riemens zum Ablaufen von der Riemscheibe, so wird der Motor gedreht, bis dieselbe verschwindet. Auf gewölbten Riemscheiben laufen die Riemen sicherer, für Leerscheiben eignen sich dagegen nur cylindrisch gedrehte.

Die Riemenbreite in Metern berechnet sich nach Radinger gleich $0{,}236\,\frac{N}{v \cdot l}$, wenn N die Arbeit in Pferdestärken, v die Riemengeschwindigkeit in Metern pro Sekunde und l die Auflagälnge des Riemens an der Riemscheibe der Transmission in Metern bedeutet. Gewöhnlich beträgt die Breite 10 cm, die Dicke 5 bis 7 mm.

Zur Lagerung der Welle empfehlen sich Sellerslager (Figg. 168 a u. b und 169), besonders solche mit selbsttätiger Ringschmierung (Figg. 170 und 171), welche

Fig. 168 a. Fig. 168 b.

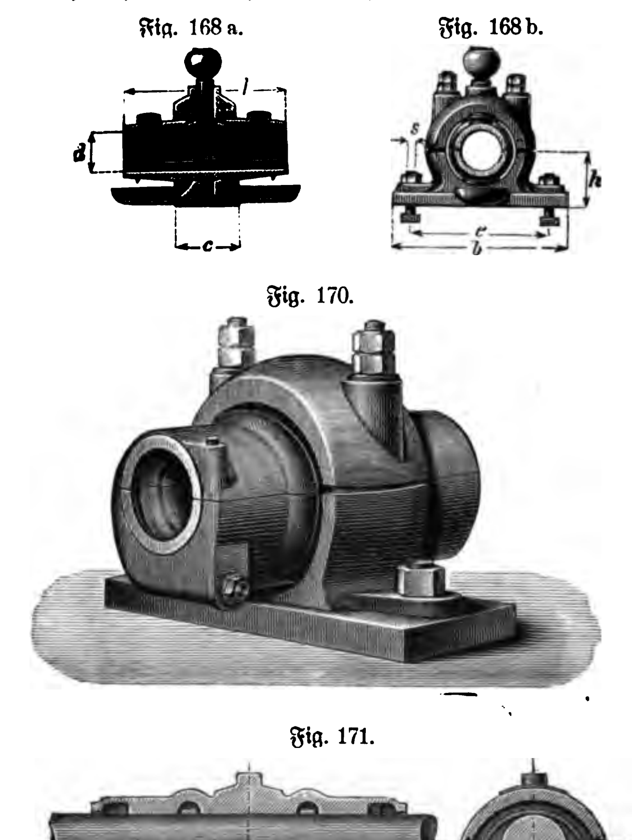


Fig. 170.



Fig. 169.

Fig. 171.

letzteren bei neueren Anlagen fast ausschließlich Verwendung finden. Rollenlager, bei welchen die gleitende Reibung in die geringere rollende verwandelt wird, bieten nach Stribeck (Phys. Zeitschr. 4, 279, 1903) nur dann Vorteile, wenn die Rollen gehärtet sind, wodurch sie aber wesentlich teurer werden.

Bei Sellers Lager sind die gußeisernen Lagerschalen um kugelförmige Zapfen drehbar, so daß sich die Lagerachse von selbst in die Richtung der Wellenachse einstellt, die Welle somit gleichmäßig auf der sehr langen Schale aufliegt. Hierdurch wird geringer Flächendruck, also geringe Abnutzung der Schalen, leichte Verbreitung des Schmiermaterials und somit geringer Reibungswiderstand erreicht [1]).

Besondere Beachtung ist der Schmierung der Lager zuzuwenden [2]). Neben dem Ölgefäß (Selbstölern, Fig. 172 und Tropfapparaten, Fig. 173) werden

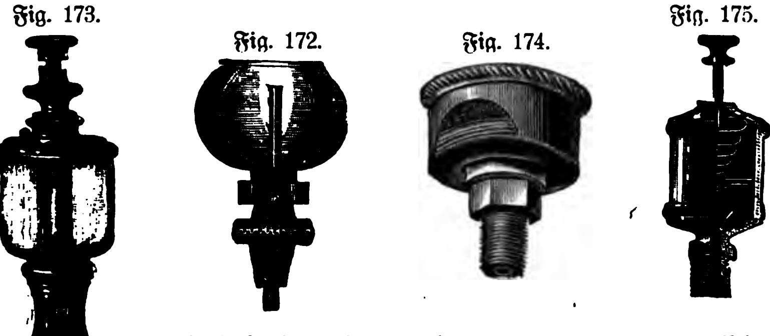


Fig. 173. Fig. 172. Fig. 174. Fig. 175.

noch Schmiergefäße mit konsistentem Fett (Figg. 174 und 175) angebracht [3]). Wird nämlich ein Lager infolge unzureichenden Ölzuflusses warm, so erhitzt sich das konsistente Fett bis zum Schmelzpunkt und korrigiert selbsttätig den Fehler. Ist dennoch ein Lager warm geworden, was man durch Befühlen mit der Hand erkennt [eventuell durch Änderung der Farbe, wenn zum Anstrich Thermoskopfarbe [4]) benutzt wurde], so stellt man die Maschine am besten ab und erforscht die Ursache, welche häufig darin liegt, daß die Schrauben am Deckel des Lagers zu stark angezogen sind, so daß sich die Welle nicht leicht genug drehen kann. Unterläßt man die Beseitigung des Übelstandes, welcher das Warmwerden des Lagers bedingt, so wird die Reibung rasch größer, es tritt „Fressen" ein, d. h. die Welle frißt kleine

[1]) Näheres siehe z. B. Handbuch des Maschinentechnikers (Bernoullis Vademekum), 22. Aufl. Stuttgart, Bergsträßer, 1902. Wellenleitungsteile, Transmissionen u. s. w. liefern Maschinenfabrik und Eisengießerei Th. u. Ad. Frederking, Leipzig-Lindenau, die Berlin-Anhaltische Maschinenbau-Aktiengesellschaft, Berlin NW., Moabit und Dessau, Berlin W., Wilhelmstr. 99, die Maschinenbauanstalt J. M. Grob u. Co., Leipzig-Eutritzsch und andere. — [2]) Da säurehaltige Schmieröle die Metalle angreifen, haben in neuerer Zeit die Mineralöle, welche nur aus Kohlenstoff und Wasserstoff bestehen, also an sich säurefrei sind, besondere Verbreitung gefunden. Ein solches ist z. B. das Oleonaphtha von Ragosin u. Co., zu beziehen von H. Förster, Ölhandlung in Frankfurt a. M. Es erstarrt erst bei —18°, kann bis 350° C erhitzt werden, harzt und trocknet nicht. Am häufigsten werden gebraucht: Nr. 0 für stark belastete Lager (100 kg zu 65 Mk.), Nr. I für Gasmotoren und Transmissionen (100 kg zu 50 Mk.), Nr. II für leichte Maschinen (100 kg zu 48 Mk.). Dieselbe Firma liefert konsistentes Fett. Andere Bezugsquellen sind: J. Rothschild u. Co., Deutsche Ölfabrik in Frankfurt a. M.; Max Groß, Stuttgart, Reinburgstr. 47; P. P. Heinz, Frankfurt a. M. — [3]) Öltropfgefäße liefern z. B. Sonnenthal jun., Berlin C., Neue Promenade 6, die Maschinen- und Armaturenfabrik Bopp u. Reuther, Mannheim; Fettschmierbüchsen: Sonnenthal, Berlin und Otto Kötter in Barmen; Tropfschmierölreiniger: Carl Morgenstern, Stuttgart und andere. — [4]) Zu beziehen von Max Kohl in Chemnitz.

Stückchen Metall aus dem Lager heraus, welche an ihr hängen bleiben und die Umdrehung unmöglich machen, so daß, wenn der Stillstand plötzlich erfolgt, durch die Trägheit der bewegten Massen verschiedene schwer zu reparierende, selbst gefährliche Beschädigungen an den Maschinen eintreten können. Das beginnende Fressen macht sich gewöhnlich durch einen pfeifenden oder klappernden Ton bemerklich. Ist es eingetreten, so müssen die beschädigten Reibflächen mit Feile und Schmirgelpapier wieder sorgfältig gerichtet und poliert werden.

Als Mittel zur Verhinderung des Heißlaufens, namentlich bei neuen Lagern, wird empfohlen, Flockengraphit[1]) und Krauses Victoria Caloricid[2]), von welchem etwa 5 bis 15 Proz. zu dem üblichen Schmierstoff zuzusetzen sind.

Als Lagermetall empfiehlt sich sogenanntes Weißmetall, welches einfach in die Schalen um die Welle herumgegossen wird[3]).

Wesentlich zweckmäßiger als gewöhnliche Lager sind die sich selbst schmierenden „Ringschmierlager" (Figg. 170 und 171), wie sie z. B. bei Dynamomaschinen meist angewendet werden[4]).

Sehr geringe Reibung besitzen Lager mit Stahlkugeln, wie bei Fahrrädern, welche immer mehr Verbreitung finden[5]).

Die Transmissionswelle ist, wie schon erwähnt, bis in den Raum unter dem Experimentiertisch geführt, wo sie in einem Lager zwischen zwei starken vertikalen Balken endigt, das sich etwa 1,5 m unter dem Fußboden des Auditoriums befindet. Es können hier zweiteilige Riemscheiben verschiedener Größe befestigt werden, von welchen ein Riemen durch einen (gewöhnlich mit einem Deckel geschlossenen) Schlitz im Fußboden zur Riemscheibe des zu betreibenden Apparates geführt ist. Dieser selbst muß natürlich durchaus stabil am Boden befestigt sein, zu welchem Zwecke im Fußboden Löcher zum Durchstecken von Fundamentschrauben vorgesehen sind, und zwar in solcher Lage, daß sie für alle in Betracht kommenden Apparate, die zum Teil mit speziell dazu eingerichteten Fußplatten versehen wurden, ohne weiteres passen. Die Fundamentschrauben sind Bolzen von größerer Länge als die Dicke der Fußbodenbalken (etwa 0,5 m), am oberen Ende mit Kopf versehen, am unteren mit Unterlegscheibe und Schraubenmutter, so daß man sie mittels des Schraubenschlüssels rasch fest anziehen kann. Die Riemen sind endlos, und zum Anspannen werden unter den zu treibenden Apparat vor dem Anziehen der Fundamentschrauben so lange Keile geschoben, bis die Riemenspannung die geeignete ist. Nun erst werden die Schrauben angezogen. Sind diese für irgend einen Apparat zu lang, so werden unterhalb des Kopfes kurze Gasrohrstücke aufgesteckt, von solcher Länge, daß nur wenig Umdrehungen der Schraubenmutter erforderlich sind, um die Befestigung zu vollziehen.

Soll der Riemen (z. B. während des Vortrages) rasch aufgelegt oder ab-

---

[1]) Flockengraphit liefern: M. H. Thofehrn, Hannover; Persicaner u. Co., Berlin W. u. a. — [2]) Zu beziehen von Max Krause, Chemische Fabrik, Berlin-Charlottenburg. — [3]) Bezugsquellen: Chr. Luckenbach, Hanau a. M.; Höfeler u. Dickhaus, Papenburg; Paul Homann, Dessau (Phosphor-Weißmetall); Magnolia-Antifriktions-Metall-Co., Berlin W. 8, Friedrichstr. 71; Glyko-Metall-Gesellschaft, Wiesbaden. — [4]) Zu beziehen von der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-Aktien-Gesellschaft, Dessau-Berlin u. a.; Lohmann u. Stolterfoht, Witten; Ph. u. Ad. Frederking, Leipzig-Lindenau. — [5]) Stahlkugeln liefern z. B. H. Meyer u. Co., Düsseldorf; die deutschen Waffen- und Munitionsfabriken in Karlsruhe, Krupp in Essen; Fichtel u. Sachs, Präzisions-Kugellager-Werke, Schweinfurt a. M. u. a.

genommen werden können, so muß der Apparat mit einer Leerscheibe versehen sein und die Transmissionswelle mit einer etwas kleineren Riemscheibe senkrecht darunter, auf welche bei ruhender Welle, also ohne Gefahr, der Riemen leicht aufgelegt werden kann, weil keine Spannung vorhanden ist, und von welcher er dann bei laufender Welle leicht auf die richtige Scheibe mittels eines vom Auditorium aus zu betätigenden Anlassers hinübergedrückt werden kann.

An Stelle eines zu treibenden Apparates kann auch ein Vorgelege aufgeschraubt werden, von welchem aus ein Riemen nach einem weiter entfernten

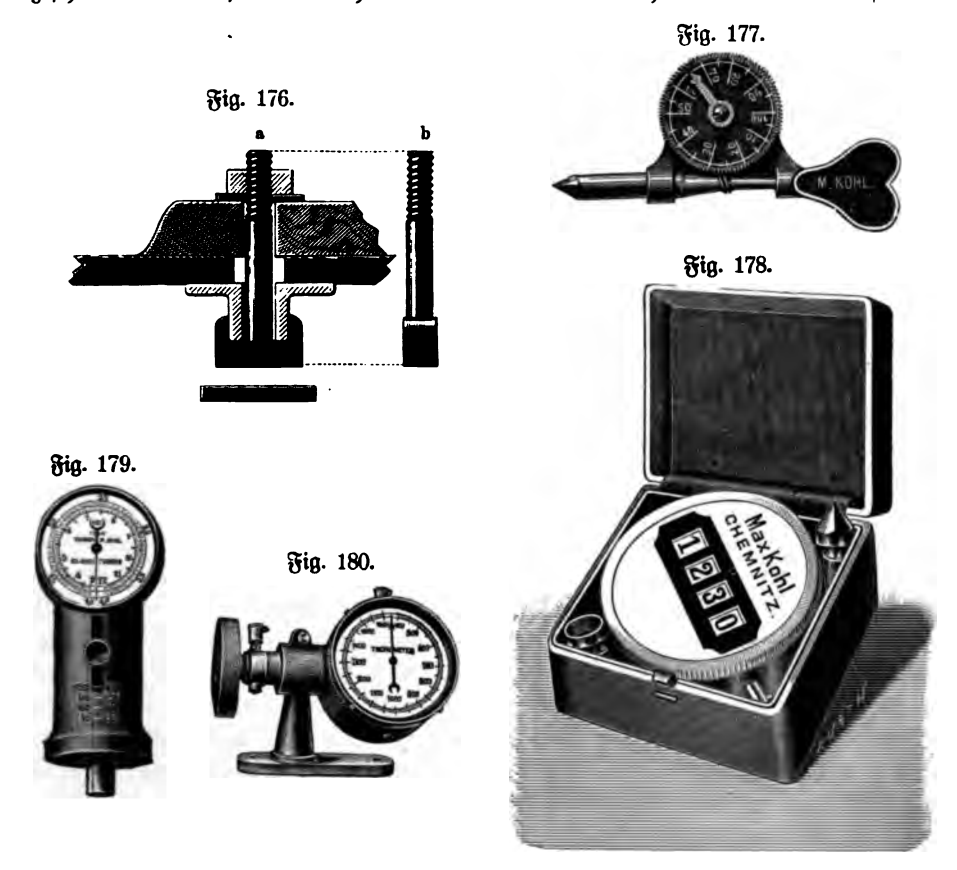


Fig. 176. Fig. 177. Fig. 178. Fig. 179. Fig. 180.

Apparate gelegt wird. Zu diesem Zwecke befinden sich an verschiedenen Stellen im Boden Schlitze, unter welchen, wie Fig. 176 zeigt, Schienen an die Balken angeschraubt sind. *a* stellt einen der zur Befestigung dienenden Schraubbolzen dar, welcher in der Stellung *b* von oben zwischen die Schienen bis zum Aufsitzen auf dem gezeichneten Brett eingesteckt, dann um 90° gedreht, etwas gehoben und sodann durch die Schraubenmutter angezogen wird. Da sich diese Bolzen in dem Zwischenraume zwischen den Schienen beliebig verschieben lassen, so kann man jederzeit die Treibriemen fest anziehen. Natürlich sind die Schlitze unter gewöhnlichen Umständen durch hölzerne Deckel verschlossen.

Zur Messung der Umdrehungszahl dienen Tourenzähler (Figg. 177 und 178, K 12 bis 45), zur Bestimmung der Geschwindigkeit Tachometer. Die Figg. 179 und 180 stellen Präzisionstachometer mit nur einer unverrückbaren Antriebswelle

für alle Meßbereiche dar, wie sie Wilhelm Morell, Reudnitz-Leipzig, Lutherstr. 2 liefert (K 165 bis 135). Andere Bezugsquellen werden später angegeben.

18. **Verschiedene Motoren.** a) Hand- und Fußbetrieb. An Orten, wo sich keine elektrische Zentrale befindet, somit keine Elektromotoren verwendet werden können, oder unter Umständen, wo die Aufstellung zu zeitraubend, zu teuer oder zu lästig wäre, verwendet man andere Kraftquellen. Genügt geringe Kraft, so ist Hand- oder Fußbetrieb das Nächstliegende. Die Figg. 181, 182, 183 zeigen verschiedene Formen von Handkurbeln, Fig. 184 ein Betriebsschwungrad, wie es z. B. zum Betriebe kleiner Dynamomaschinen im Unterricht an manchen Orten benutzt wird[1]). Für sehr geringe Bedürfnisse dient gewöhnlich die sogen. Schwungmaschine, welche zu diesem Zweck mit allen möglichen Vorrichtungen zum Ansetzen verschiedener Apparate versehen wird. Das Drehen einer solchen Maschine ist indes lästig, ihr Gang kann nicht gleichmäßig erhalten werden und die Leistung ist in den meisten Fällen unzureichend. Selbst für die Bedürfnisse der Mittelschulen verzichtet man deshalb gewöhnlich auf Handbetrieb.

Die Figg. 185, 186 und 187 veranschaulichen Trittbretter für Fußbetrieb eines Schwungrades, Figg. 188, 189 und 190 Kurbeln und Formen von geköpften Wellen, Fig. 191 den Kopf einer hölzernen Pleuelstange mit metallenem Lager. Statt einer Pleuelstange reicht häufig ein Draht, eine Kette oder Schnur aus.

b) Heißluftmotoren. Für länger dauernde kleine Kraftleistungen dienen in neuerer Zeit häufig Heißluftmotoren von der in Fig. 193 dargestellten Form, wie sie vom Mechaniker L. Heinrici in Zwickau i. S. hergestellt werden[2]).

Ein größerer Heißluftmotor ist dargestellt in Fig. 194[3]).

Die Figuren 192a und b zeigen einen Durchschnitt des Motors. A ist der „Verdränger", ein geschlossener Cylinder, welcher mit geringem Spielraum in B, dem „Feuertopf", sich auf- und niederbewegen läßt. In der gezeichneten Stellung haben Kolben und Verdränger ihre höchste Lage erreicht. Nun bewegt sich der Verdränger nach unten und bewirkt, daß die erhitzte Luft in den durch umgeleitetes Wasser gekühlten oberen Teil des Cylinders verdrängt wird. Bei der Stellung, welche die Figur links darstellt, ist alle Luft nach oben gedrängt. Infolge der Abkühlung wird der Druck geringer und der Kolben wird deshalb durch den Luftdruck, wie aus derselben Figur zu ersehen, nach unten getrieben. Nun geht der Verdränger wieder nach oben, schiebt die Luft in den heißen Raum B, der Druck steigt, der Kolben wird also wieder nach oben getrieben u. s. w.

---

[1]) Zu beziehen von Sonnenthal jun., Berlin C., Neue Promenade 6, zu 135 bis 215 Mk. — [2]) Solche Motoren für Gas-, Spiritus- oder Petroleumbrenner von $^1/_{30}$ bis $^1/_5$ Pferdestärke liefern Max Kaechler und Martini, Berlin W., zu 33 bis 450 Mk. Die Maschinenfabrik Kirsten u. Co. in Dresden, Striesenerstr. 41 liefert dieselben von $^1/_{40}$ bis $^1/_2$ Pferdestärke zu 125 bis 625 Mk. Bezüglich des Gebrauchs ist zu beachten, daß der Kolben nur mit Petroleum geschmiert werden darf. Die Maschinen werden für Petroleum- und Gasheizung eingerichtet. — [3]) Solche Maschinen von $^1/_4$ bis $1^3/_4$ Pferdestärke (Fig. 194) liefert zu 688 bis 1925 Mk. Otto Böttger, Sächsische Motoren- und Maschinenfabrik, Dresden-Löbtau. Zum Heizen können Steinkohlen, Holz und auch minderwertige feste Brennmaterialien dienen. Andere Bezugsquellen von Heißluftmotoren sind: H. Raab, Mechaniker und Optiker, Zeitz i. S., Baderstr. 2 (Motoren von $^1/_{300}$ bis $^1/_{10}$ Pferdestärke); Bogenhard u. Beyer, Heißluftmotorenfabrik, Erfurt; Herm. Lorenz, Greiz im Voigtland; Gebr. Einecke, Heißluftmotorenfabrik, Braunschweig.

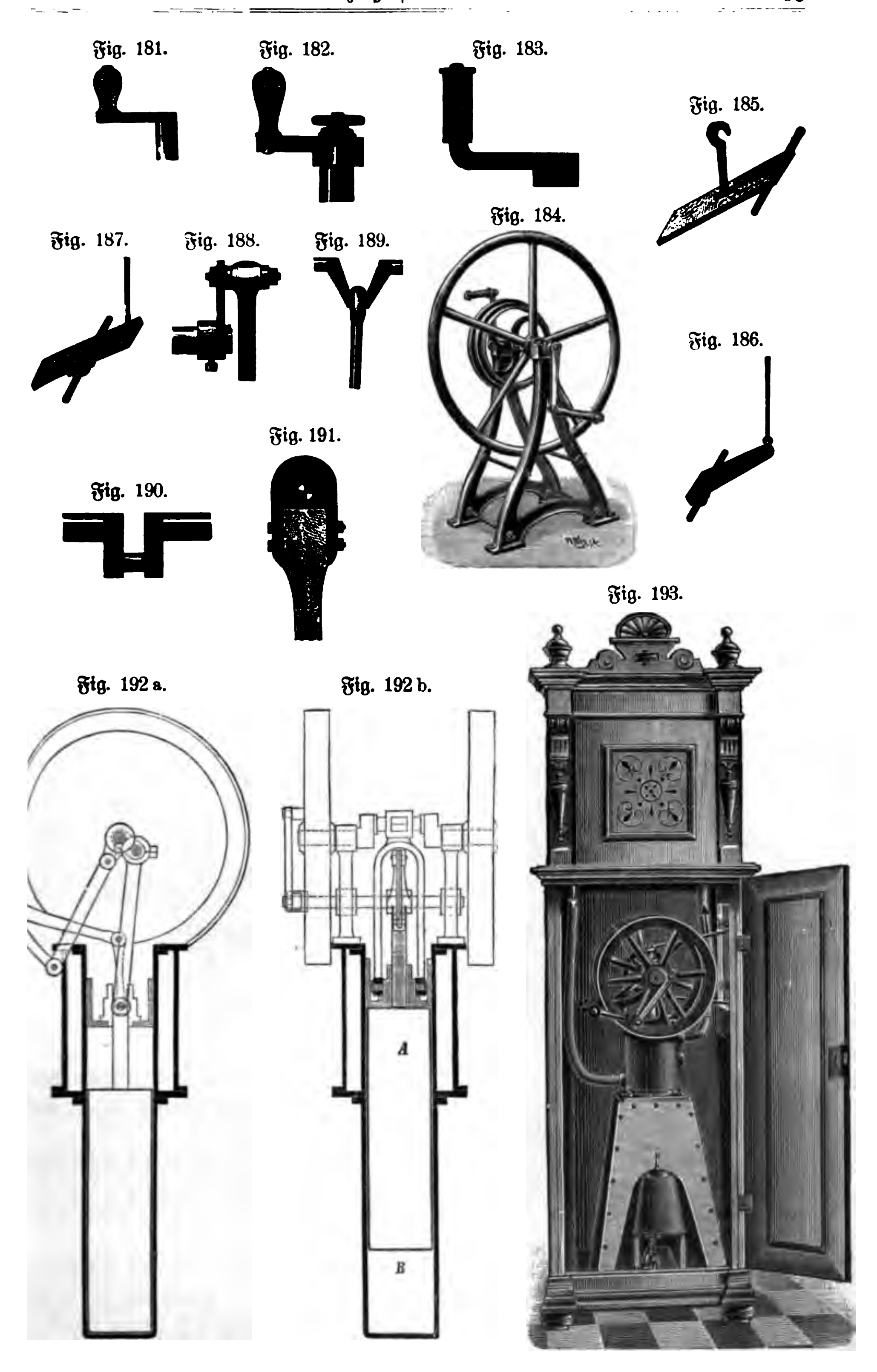


Fig. 181. Fig. 182. Fig. 183. Fig. 185. Fig. 184. Fig. 187. Fig. 188. Fig. 189. Fig. 186. Fig. 191. Fig. 190. Fig. 193. Fig. 192 a. Fig. 192 b.

Zur Kühlung genügt schon ein größerer Trog mit Wasser, welcher bei der in Fig. 193 dargestellten Anordnung in dem Aufsatz des Schrankes enthalten ist.

c) Gasmotoren. Für größere Kraftleistungen werden fast allgemein Gasmotoren benutzt, die den großen Vorzug haben, daß sie jederzeit sofort in Betrieb gesetzt werden können.

Zur Aufstellung des Motors ist ein heller Raum nötig, welcher Unberufenen nicht zugänglich, weder staubig noch feucht und im Winter nicht zu kalt ist.

Fig. 194.



Fußböden, Wände und Decke werden zweckmäßig mit heller Ölfarbe angestrichen, damit man sie abwaschen kann, der Fußboden außerdem mit Läufern (z. B. aus Dachpappe) belegt, auf welchen man nicht ausgleiten kann.

Die häufig in Maschinenräumen benutzten Böden aus Mettlacher Tonfliesen (oder Terrazzoböden) sind zwar elegant und leicht rein zu erhalten, indes für rasches Hantieren, was in einem phys. Institut häufig nötig ist, des leichten Ausgleitens wegen, wenig geeignet.

An Mobiliar enthält der Maschinenraum, außer einer kleinen Werkbank, namentlich Schäfte für verschiedene blechene Ölbehälter mit Ablaßhahn für Gasmotorenöl, gewöhnliches Maschinenöl, gebrauchtes Öl, filtriertes Öl, ferner ein Öl-

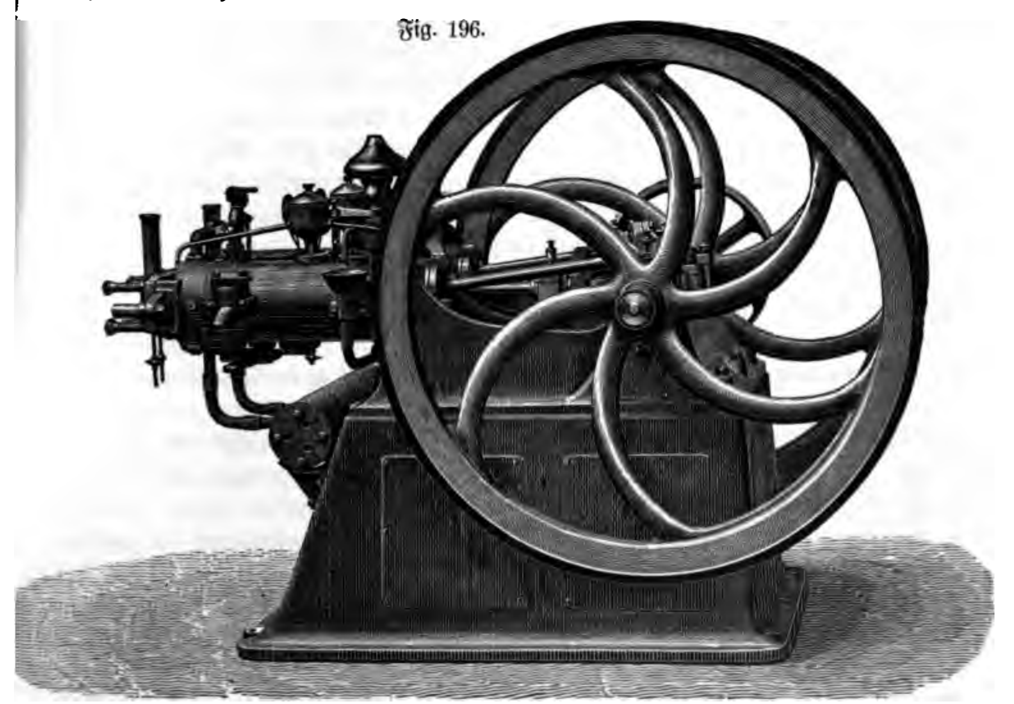
filter[1]), Ölkannen, eine Büchse mit konsistentem Fett, eine Kiste mit Vorrat an Putzwolle, eine solche mit gebrauchter Putzwolle, ferner Lappen, Schmirgelleinwand und allerlei Werkzeug (Schraubenzieher, Schraubenschlüssel u. s. w.) zur Reinigung der Maschine. Letzteres wird übersichtlich geordnet an einem Wandbrett angebracht. Ein Plakat besagt, daß bei Frost das Kühlwasser aus dem Cylindermantel abzulassen ist, ein zweites gibt eine Übersicht über sämtliche Manipulationen, welche bei Inbetriebsetzung der Maschine auszuführen sind.

Fig. 195.



Die Anweisungen über Fundamentierung und Aufstellung der Maschine liefert die Fabrik. Das Fundament muß, um ruhigen Gang der Maschine zu erzeugen, von großer Masse sein. Soll Übertragung der Erschütterungen auf das Gebäude ganz vermieden werden, so muß es auf einer elastischen Unterlage mit starker innerer Reibung, welche die Schwingungen dämpft, errichtet werden[2]).

Fig. 196.



[1]) Ölreinigungsapparate liefern Hommel in Mainz zu 23 Mk. (Fig. 195); Max Groß in Stuttgart zu 25 bis 40 Mk.; C. Morgenstern, Stuttgart; W. A. Siepen in Köln zu 36 bis 80 Mk. u. s. w. — [2]) Imprägnierter Unterlagsfilz ist zu beziehen von der Filzfabrik Adlershof, Akt.-Gesellschaft, Berlin C., 2, Neue Friedrichstr. 38.

Da im Winter das Kühlwasser aus den Cylindermänteln abgelassen werden muß, so läßt man unter den Abflußhähnen Blechtrichter anbringen, welche mit der Wasserabflußleitung in Verbindung stehen.

Sind beim Betriebe versicherungspflichtige Hilfsarbeiter tätig, so muß auch auf die Forderungen der Unfallversicherungsgesellschaften Rücksicht genommen werden, welche sich hauptsächlich auf Anbringung von Schutzvorrichtungen in der Nähe beweglicher Teile (Schwungrad, Riemen u. s. w.) beziehen.

Fig. 196 zeigt einen Zwillingsmotor der Gasmotorenfabrik Deutz bei Köln mit der älteren, noch da und dort gebräuchlichen Zündschieberkonstruktion, welche bei neueren Motoren durch die reinlichere Glührohrzündung oder elektrische Zündung ersetzt ist.

Diese Maschinen sind einfach wirkende, d. h. der Cylinder ist an einer Seite offen und eine Explosion erfolgt jeweils erst beim vierten Kolbenhub, d. h. nachdem der Kolben zweimal hin- und hergegangen ist. Das Schwungrad muß darum schwer und die Tourenzahl groß sein, um die nötige Gleichförmigkeit im Gange zu erzielen. Dies wird noch dadurch gefördert, daß sich die Schieber an beiden Cylindern derartig bewegen, daß bei jedem Hin- und Hergang der Kolben einmal Zündung erfolgt, abwechselnd im einen und anderen Cylinder. Die Konstruktion des Schiebers ist dieser eigentümlichen Wirkungsweise halber etwas kompliziert, wie aus den Figg. 197 bis 201 zu ersehen, welche einen horizontalen Durchschnitt durch das geschlossene Ende des Cylinders darstellen. Fig. 197 zeigt einen Vertikalschnitt. Der Schieber A wird, wie aus Fig. 201 zu ersehen, durch eine Kurbel bewegt, deren Welle von der Schwungradwelle aus durch Zahnräder Bewegung erhält. In der gezeichneten Stellung befindet sich der Schieber, wenn der Kolben sich vom Boden des Cylinders entfernt, also saugend wirkt. Nachdem der Kolben einen Teil seines Hubes zurückgelegt hat, befindet sich der Schieber in der Stellung Fig. 199. Auf dem Wege fn dringt nun Luft, durch sn Gas in den Cylinder. Gleichzeitig kommt durch das Gasrohr u durch die punktiert angedeutete Rinne in dem Schieber Gas in die Höhlung o (siehe auch Fig. 197) und entzündet sich an der Flamme q. Durch die Öffnung p des Schiebers strömt Luft nach, so daß die in O brennende Flamme Nahrung erhält und während der Fortbewegung des Schiebers nicht erlischt. Ist nun dieser in die Stellung Fig. 200 gekommen, so tritt die Höhlung O, in welcher die Vermittelungsflamme brennt, durch den engen Kanal h in Verbindung mit dem Inneren des Cylinders, nachdem kurz zuvor die Verbindung mit u, p und q abgeschnitten worden war. Außerdem hatte schon zuvor der Schieber die Öffnungen e und f verschlossen, der Kolben war im Cylinder zurückgegangen und hatte das Gas komprimiert. Eine kleine Menge des komprimierten Gases strömt nun durch h in den Raum O und stellt hier, ohne die Vermittelungsflamme auszulöschen, gleichen Druck her wie im Cylinder. Kommt endlich der Schieber in die Lage Fig. 198, wobei der Kolben sich wieder entfernt, so wird das in O brennende Gas durch e (in der Figur irrigerweise g) eingesaugt, entzündet die Gas-Luftmischung im Cylinder und gibt dadurch dem Kolben den Antrieb, welcher die Maschine in Bewegung hält. Kurz darauf wird e durch den rückwärts laufenden Schieber wieder geschlossen und, nachdem der Kolben ebenfalls seine rückläufige Bewegung begonnen hat, das Ablaßventil B durch einen von der Schieberwelle aus bewegten Hebel geöffnet. Ein Teil des verbrannten Gases verbleibt in dem Cylinder, da es nicht mehr entweichen kann, sobald der Kolben B überschritten hat. Schließlich kommt

der Schieber wieder in die Stellung Fig. 201 und das Spiel der Maschine wiederholt sich.

Will man die Maschine in Gang setzen, so sieht man zunächst nach, ob die auf dem Cylinder angebrachte und die übrigen Ölbüchsen noch gefüllt sind, entzündet dann die Flamme q und öffnet den Gashahn bei u. Sodann öffnet man (zunächst

Fig. 197.

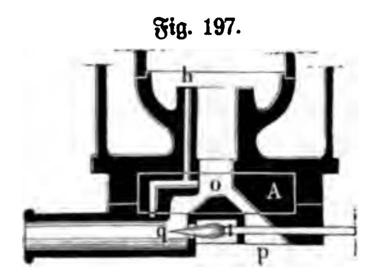


Fig. 198.

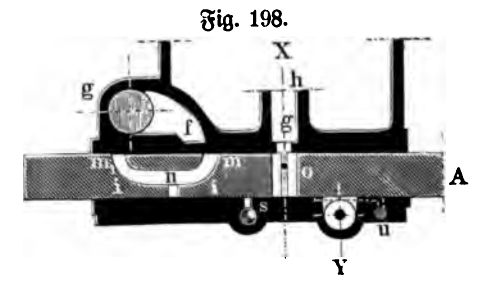


Fig. 199.

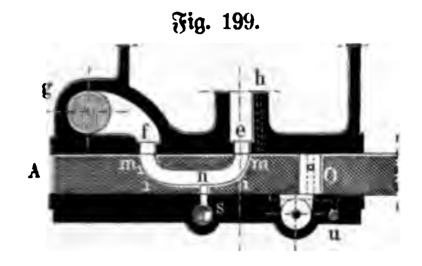
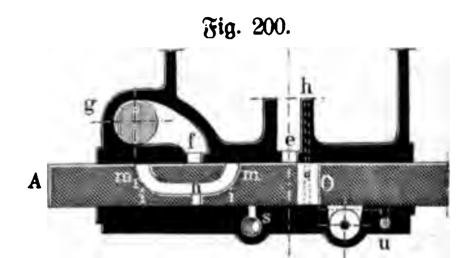
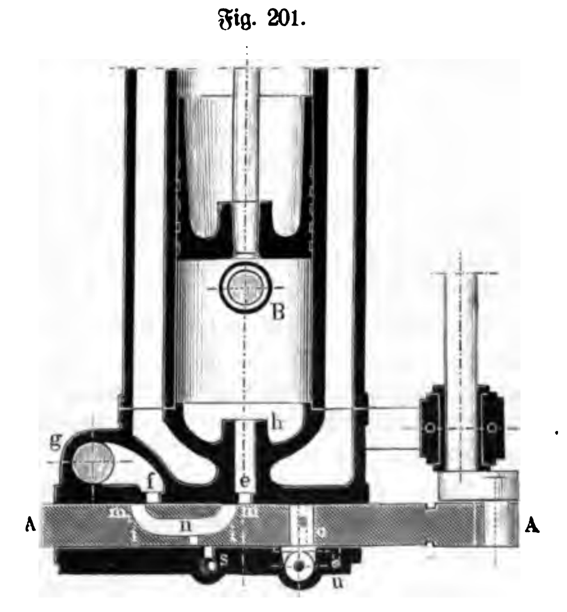


Fig. 200.



nur halb) den Hahn der Leitung s, welcher gleichfalls oben auf dem Cylinder angebracht ist, stellt durch einen dazu angebrachten Griff die Muffe, welche den Hebel des Ablaßventils B in Bewegung setzt, so, daß der Hebel auf der Seite der Muffe gleitet, die zwei Knaggen besitzt, damit das Ventil auch während der Kompressionsperiode geöffnet wird und setzt nun das Schwungrad durch Drehen mit der Hand in möglichst rasche Umdrehung. Ist alles in Ordnung, so setzt sich die Drehung alsbald von selbst fort, man schiebt den Griff für die Muffe des Ablaßventils wieder zurück und öffnet den Hahn der Gasleitung s ganz, alsbald auch den Hahn der Wasserleitung, welche zur Kühlung des Cylinders durch die aus Fig. 201 ersichtliche doppelte Wandung desselben einen kontinuierlichen Wasserstrom durchfließen läßt. In die Leitung s ist noch ein Ventil eingeschaltet, welches durch einen Regulator selbsttätig von der Maschine durch einen Zentrifugalregulator geöffnet und

Fig. 201.



geschlossen wird, um allzureichlichen Gaszufluß zu verhindern. Kautschuksäcke, die in der Gaszuleitung möglichst nahe der Maschine angebracht sind, hindern, daß sich die durch das Öffnen und Schließen des Ventils hervorgebrachten Stöße in der Gasleitung fortpflanzen und die Gasflammen in der Nähe zum Zucken bringen. Das verbrannte Gas sammelt sich zunächst in einem Reservoir, von wo aus es durch eine Röhrenleitung ins Freie geführt wird. Entstehen in dem Reservoir Detonationen, so schließt das Ablaßventil nicht genügend und muß gereinigt werden. Dasselbe bedeckt sich nämlich allmählich mit Ruß, was sich nur dadurch einigermaßen vermeiden läßt, daß man es zeitweise mit Petroleum übergießt, zu welchem Zwecke besondere Petroleumgefäße im Handel zu bekommen sind, die an das Gehäuse des Ablaßventils angeschraubt werden und durch Öffnen eines Hahns oder Ventils damit in Verbindung gesetzt werden können. Beim Abstellen der Maschine schließt man den Hahn hinter den Kautschuksäcken, wartet, bis die Maschine zum Stehen kommt, stellt sie so, daß der Kolben die Anfangslage (Ansaugestellung) hat, um für späteren Gebrauch parat zu sein, und schließt nun auch die Hähne der Zündflammen und den Wasserhahn.

Versagt die Maschine beim Anlassen, so ist der Grund meist der, daß man den Hahn zu weit geöffnet hatte, so daß allzuviel Gas in den Cylinder eingedrungen ist. Man schließt den Hahn wieder und sucht das Gas durch mehrmaliges Umdrehen des Schwungrades wieder aus dem Cylinder zu entfernen. Nun erst öffnet man den Hahn von neuem und zunächst nur sehr wenig.

Zuweilen liegt der Grund darin, daß die Zündflammen nicht hoch genug sind, daß das Abgasventil *B* durch Rußablagerung sich verstopft hat, oder daß die Kanäle im Schieber verstopft sind.

Erleichtert wird das Anlassen auch durch festeres Anziehen der auf den Schieber drückenden Schrauben, wodurch die Dichtung verbessert wird. Ist die Maschine in Gang gekommen, so lockert man die Schrauben wieder, um die Reibung zu vermindern.

In neuerer Zeit wird, wie schon erwähnt, gewöhnlich statt der rußenden Zündflamme, welche bald Schwärzung der Wände und Decke im Maschinenraum herbeiführt und die Luft verschlechtert, außerdem durch Luftströmungen leicht ausgelöscht wird, die reinlichere und zuverlässigere Glührohrzündung oder elektrische Zündung zur Anwendung gebracht. Bei älteren Motoren kann man sich durch eine über den Zündflammen angebrachte Abzugleitung einigermaßen helfen, doch ist die Einrichtung umständlich.

Die Preise der kleineren horizontalen Motoren sind: Eincylindrige von 1/2, 1, 2, 4, 6, 8 Pferdestärke: 1350, 1650, 2250, 3150, 4000, 4600 Mk. Zwillingsmotoren (speziell für elektrischen Lichtbetrieb), 3, 5, 8, 12 Pferdestärke: 3000, 3750, 4900, 6500 Mk. Die Rheinische Gasmotorenfabrik von Benz u. Co. (Mannheim) liefert Motoren mit elektrischer Zündung von 1, 2, 4 Pferdekräften zu 1500, 1850, 2650 Mk. Die Elektrizität wird durch eine an der Maschine angebrachte kleine Dynamomaschine mit Induktionsapparat selbsttätig erzeugt. Das Gasgemisch kommt bei jedem Kolbenhub zur Verpuffung. Die Maschine geht sofort an, die Umdrehungszahl ist gering und damit auch die Abnutzung. Der komplizierte Gasschieber, die Zündflamme und damit manche Störungen fallen fort. Wenn der Kolben die verbrannten Gase durch das Abgasventil hinausschiebt, läßt er gleichzeitig durch ein zweites Ventil gepreßte Luft eintreten, welche den Cylinder reinigt. Die nach Schluß des Abgasventils noch vorhandene Luft wird komprimiert und dann gepreßtes Gas eingeleitet und das Gemisch, sobald der Kolben am Ende seiner Bahn angelangt

ist, durch einen elektrischen Funken entzündet. Der Gasverbrauch beträgt 0,5 bis 1 cbm pro Stunde und Pferdekraft [1]).

Zwillingsmotoren laufen gleichmäßiger als einfache, haben auch den Vorteil, daß man, wenn geringere Leistungen genügen, mit nur einem Cylinder arbeiten kann, indes ist ihre Behandlung umständlicher. Da vier Pferdekräfte gewöhnlich genügen, so bildet die zweite Hälfte eine Reserve, falls die erste versagt, was bei dem Mangel an Bedienungspersonal und der dadurch bedingten Vernachlässigung der Maschinen dann und wann vorkommt. Grund des Versagens ist in der Regel mangelhafte Reinhaltung des Schiebers oder des Absperrventils. Da das Putzen und Wiedereinrichten dieser Teile Zeit kostet, so ist es sehr bequem, wenn Reserve vorhanden ist. Zweckmäßig hält man übrigens auch eine komplette Reserveschiebergarnitur, nebst Reserveringen für den Kolben, vorrätig und bringt dieselben leicht zugänglich, aber geschützt, in der Nähe der Maschine unter.

Erlangt die Maschine nicht die richtige Tourenzahl, so kann man sie innerhalb gewisser Grenzen durch Belastung oder Entlastung des Regulators ändern, ist die Abweichung zu groß, so ist es dagegen zweckmäßiger, eine andere Riemscheibe an der Transmission anzubringen.

Wo es an Raum mangelt, verwendet man stehende Motoren, die sich auch durch geringeren Ölverbrauch auszeichnen, indes weniger stabil und weniger bequem zu behandeln sind als die liegenden [2]).

Unbequem ist das notwendige Andrehen der Gasmotoren, welches aber, falls eine Dynamomaschine mit Akkumulatoren betrieben wird, einfach dadurch bewirkt werden kann, daß man durch Betätigung eines geeigneten Umschalters für einen Moment erstere als Motor laufen läßt. Neueren Motoren wird eine besondere Anlaßkurbel beigegeben.

Das Zucken der Gasflammen kann, falls nicht die gewöhnlich beigegebenen hintereinander geschalteten Gummibeutel ausreichen, vermieden werden durch Einschaltung eines Speiseventils [3]).

Das Auspuffgeräusch kann durch Aufsetzen sogenannter Schalldämpfer [4]) vermindert werden.

Sehr billig arbeiten die Sauggasmotoren, d. h. Gasmotoren, welche sich das Gas durch Ansaugen eines Gemisches von Wasserdampf und Luft über glühenden Kohlen selbst erzeugen und deshalb auch an Orten gebraucht werden können, wo sich keine Gasanstalt befindet.

---

[1]) Weitere Bezugsquellen sind z. B.: Gebr. Körting in Körtingsdorf bei Hannover; die Rheinische Gasmotorenfabrik Mannheim, Akt.-Ges., Mannheim, Schwetzingerstraße (baut horizontale Motoren von 2 bis 30 Pferdekräften zu 1300 bis 6900 Mk.); Dresdener Gasmotorenfabrik vorm. Moritz Hille, Akt.-Ges., Dresden A., Nossenerstr. 3; Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg, Akt.-Ges., Nürnberg; Bieberstein u. Goedicke, Hamburg (Gardeners Ventilgasmotoren). — [2]) Bezugsquellen sind z. B.: Gebr. Körting in Hannover, Cellerstr. 62. Preise: ½, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12 Pferdekräfte: 800, 1000, 1500, 1900, 2300, 2700, 3000, 3600, 4000, 6000 Mk.; Benz u. Co. in Mannheim, Gasmotoren mit Glührohrzündung von ½ bis 10 Pferdekräften: 650 bis 3300 Mk.; die Maschinenbaugesellschaft München (Adams neuer Ventil-Gasmotor) und alle anderen Gasmotorenfabriken. — [3]) Zu beziehen von Jul. Pintsch Berlin und Butzke u. Co., Berlin; Simonis u. Lanz in Frankfurt a. M.-Sachsenhausen liefern zu gleichem Zwecke einen Sicherheitsgasdruckregulator zu 40 bis 350 Mk. — [4]) Zu beziehen von J. Patrik, Frankfurt a. M.

Eine solche Maschine der Deutzer Gasmotorenfabrik mit elektrischer Zündung zeigt Fig. 202. Die Kohlen befinden sich in einer Art Füllofen, dessen Deckel ein kleiner Wasserkessel ist, um den nötigen Dampf herzustellen. Nach dem Abstellen des

Fig. 202.

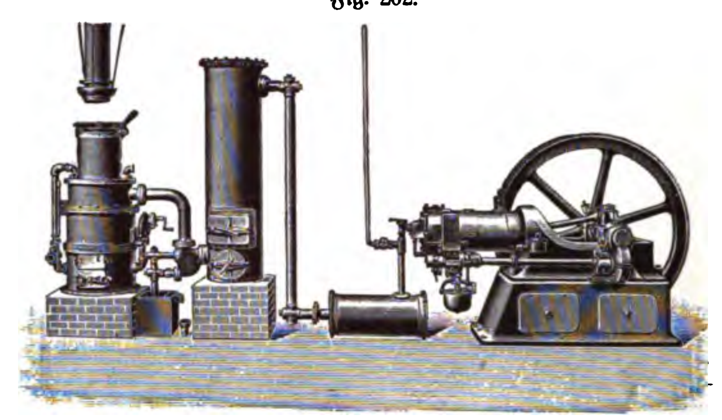
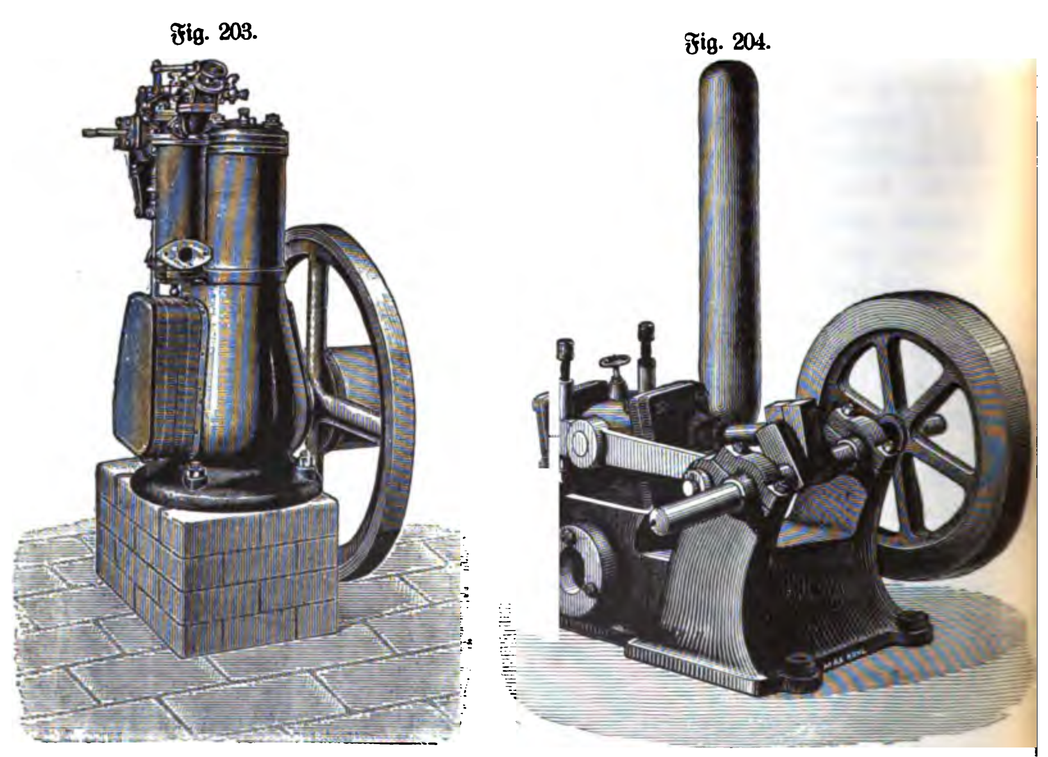


Fig. 203. Fig. 204.



Motors glimmen die Kohlen in dem Füllofen schwach weiter. Soll derselbe wieder angelassen werden, so werden sie mittels eines Handgebläses aufs neue angefacht [1]).

[1]) Weitere Bezugsquellen sind z. B.: die Motorenfabrik Oberursel, Akt.-Ges., Berlin, Am Weidendamm 1; Dresdener Gasmotorenfabrik vorm. M. Hille, Dresden A.; Motorfahrzeug- und Motorenfabrik Berlin, Akt.-Ges., Marienfelde bei Berlin; Vereinigte Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg (H. Dicke, Frank-

Angenehmer für den Gebrauch, weil stets bereit, sind **Spiritus-, Benzin-** und **Petroleummotoren** [1]).

Benzin- und Petroleummotoren erzeugen einen unangenehmen Geruch und sind deshalb wenig zu empfehlen; noch weniger Betrieb mit den anderen in der Anmerkung angegebenen petroleumartigen Ölen, die zudem schwer zu beschaffen sind.

d) **Wassermotoren.** Nach den Gasmotoren werden am häufigsten Wassermotoren zu physikalischen Zwecken gebraucht. Sie empfehlen sich indes nur da, wo Wasser reichlich und von hohem Druck zu billigem Preise zur Verfügung steht.

Fig. 205.

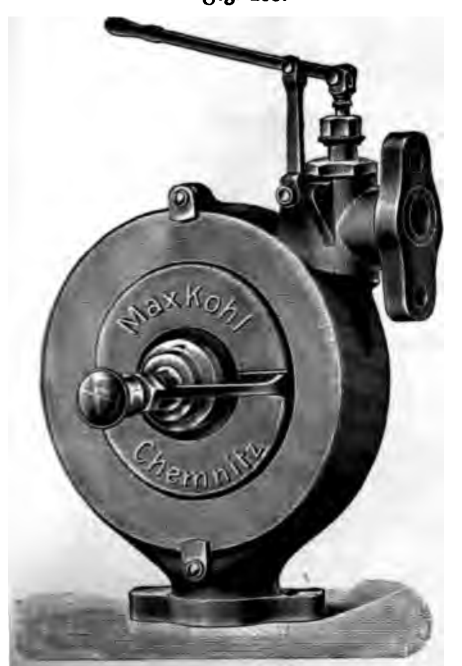


Fig. 206.

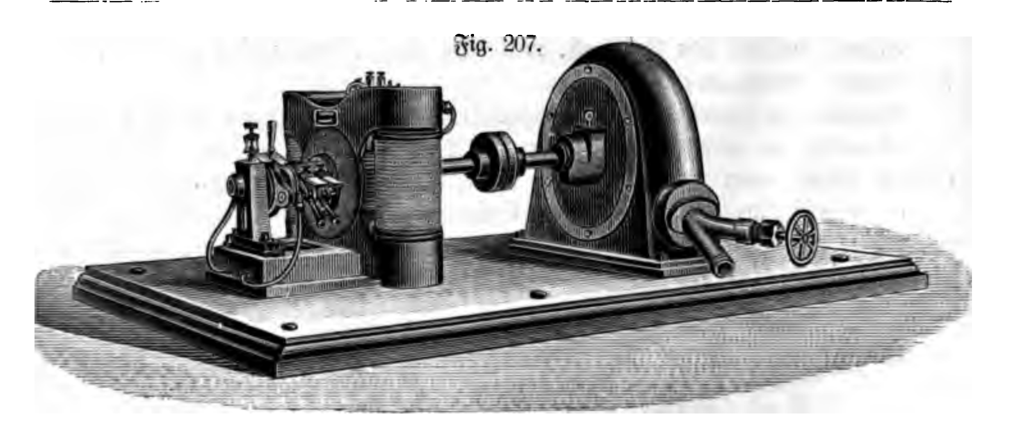


Kleinere Motoren werden als Kolbenmotoren ausgeführt. Besonders verbreitet ist **Schmidts** Wassermotor (Fig. 204, zu beziehen von **M. Kohl**, Chemnitz), dessen Beschreibung bei den hydrodynamischen Versuchen gegeben wird [2]).

---

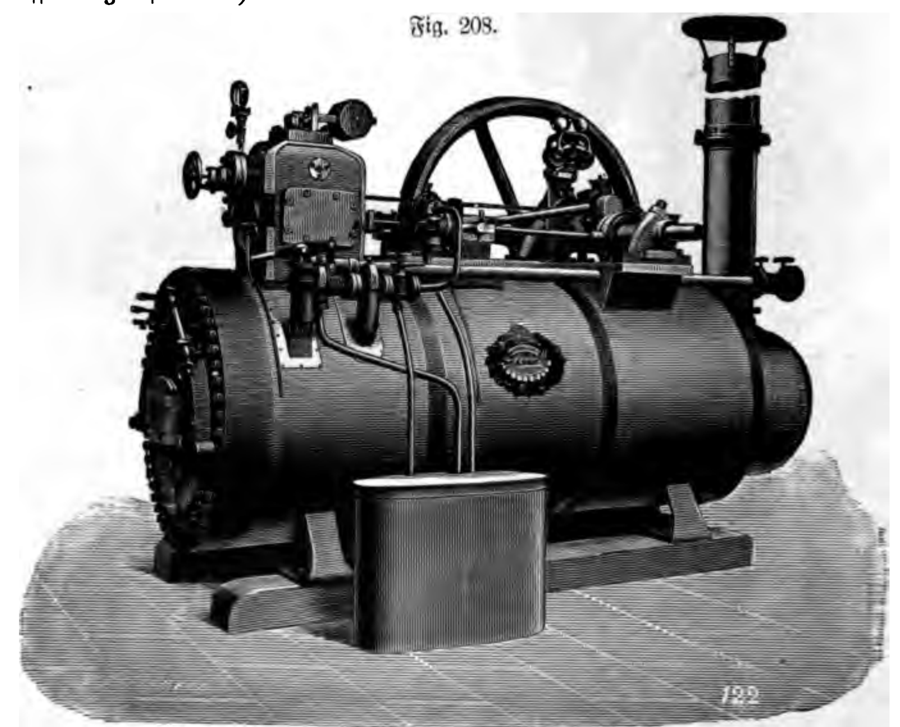
furt a. M., Neue Mainzerstr. 14). Die Motoren von **Benz** u. Co., Rheinische Gasmotorenfabrik, Akt.-Ges., Mannheim mit Magnetzündung, erfordern nach Angabe der Firma nur 1½ bis 3 Pfg. Kosten pro Pferdekraftstunde. — [1]) Spiritusmotoren mit Magnetzündung liefert **Benz** u. Co., Rheinische Gasmotorenfabrik, Akt.-Ges., Mannheim, von 2 bis 30 Pferdekräften zu 1600 bis 7500 Mk. Fig. 203 zeigt einen Spiritusmotor der **Dürr**-Motorengesellschaft, Berlin SW., Friedrichstr. 16, welcher ohne weiteres auch mit Benzin, Petroleum, Solaröl, Rohnaphtha und Masut betrieben werden kann. Er arbeitet sogar mit einer Mischung von 50 Proz. Spiritus und 50 Proz. Wasser. Die Betriebskosten stellen sich nach dem Prospekt mit Spiritus auf 8 bis 15 Pfg., mit Leuchtgas 5 bis 10 Pfg., Masut 3 bis 6 Pfg. pro Pferdekraftstunde. Andere Bezugsquellen sind: **Moritz Hille**, Dresden; Gasmotorenfabrik Deutz; **Gebr. Körting**; Motorenfabrik **Oberursel**, Akt.-Ges., Berlin NW., Weidendamm; Motorenfabrik Werdau in Werdau i. S.; **Bachrich** u. Co., Hamburg, Grindelallee 26 u. s. w. — [2]) Kleinere Turbinen sind z. B. zu beziehen von **Max Kohl** in Chemnitz (Fig. 205). Größere von **J. M. Voith**, Maschinenfabrik, Heidenheim a. d. Brenz; **H. Queva** u. Co., Spezialfabrik für Turbinenbau, Erfurt; Maschinen- und Armaturenfabrik vorm. **H. Breuer** u. Co., Höchst a. M. (Pelton-Wasser-

Fig. 207.



e) **Dampfmaschinen.** Noch seltener finden Dampfmaschinen Verwendung, da sie sich bei unregelmäßigem Betriebe nicht rostfrei und gut gangbar erhalten lassen und vor allem zu viel Wartung und außerdem polizeiliche Genehmigung zur Aufstellung erfordern [1]).

Fig. 208.

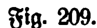


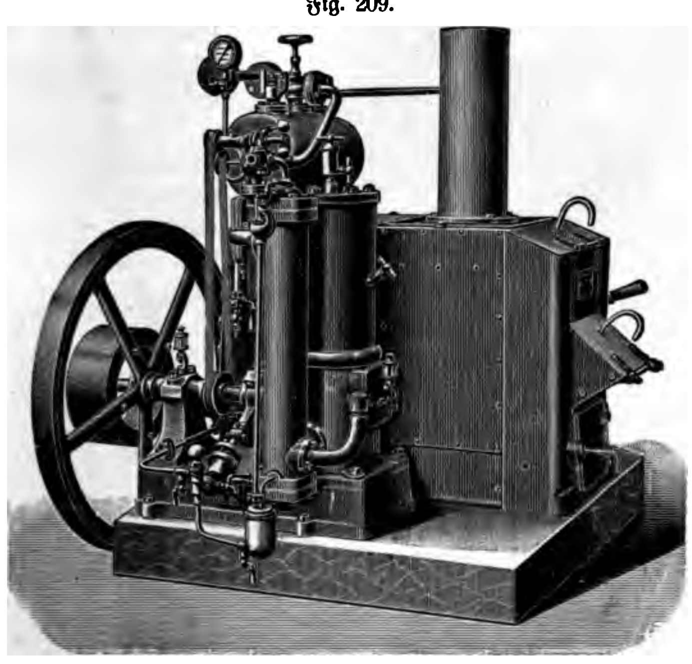
Als Cylinderschmieröl wird Viskose empfohlen, zu beziehen von M. A. **Krause**, Chem. Fabrik, Berlin-Charlottenburg.

motoren, Fig. 207); **Escher, Wyß u. Co.**, Zürich (Schweiz), Fig. 206); **Gebr. Hemmer**, Akt.-Ges, Neidenfels (Pfalz, Station Lambrecht); Maschinenfabrik **Geislingen** in Geislingen (Württemberg); **Briegleb, Hansen u. Co**, Gotha (speziell Francis-Schnellläufer). — [1]) Von größeren Dampfmaschinen empfehlen sich namentlich Lokomobilen mit ausziehbarem und deshalb leicht zu reinigendem Röhrensystem, zu beziehen von **R. Wolf**, Magdeburg-Buckau; **Lanz**, Mannheim; für kleinere Leistungen z. B. die Climax-Dampf-

Kleinere Dampfmaschinen verbrauchen etwa 2 bis 3 kg Kohlen pro Pferdekraft, Gasmotoren 0,5 cbm Leuchtgas, Benzinmotoren 0,5 kg Benzin, Spiritusmotoren 0,5 l Spiritus, Petroleummotoren 0,5 kg Petroleum.

1 kg Kohlenstoff erfordert theoretisch zum Verbrennen 11,7 kg Luft, in Wirklichkeit braucht man etwa das Doppelte.


Fig. 209.



Dieselmotoren haben sehr hohen Nutzeffekt, indes komplizierte Einrichtung. Sie sind zu beziehen von der vereinigten Maschinenfabrik Augsburg und Maschinenbaugesellschaft Nürnberg, Akt.-Ges.

Eine kleine **Dampfturbine**[1]) gebraucht etwa 22 kg Dampf pro Pferdekraftstunde, während größere nur 9 bis 10 kg erfordern, ebenso wie andere Dampfmaschinen.

19. Die Dynamomaschinen. a) Anschaffung und Behandlung. Die hauptsächlichste Verwendung des Gasmotors ist der Betrieb der Dynamomaschine, welche die mangelnde elektrische Zentrale ersetzen soll und anderer Stromerzeuger.

Von der Maschine wird die Kraft entweder durch direkte Kuppelung auf die Dynamomaschine übertragen (Fig. 207) oder, da die geringe Tourenzahl des Motors große Dimensionen der Dynamomaschine, also hohen Preis derselben bedingt, zunächst auf eine Transmission. Besonders bequem ist **Körtings Gasdynamo** (Fig. 210), bei welcher beide Maschinen zu einem Ganzen vereinigt sind. Hierdurch wird der Betrieb wesentlich billiger, da die Kraftverluste durch Reibung in Transmissionslagern und

maschinen (von 8 PS an) von **Bachrich** u. Co., Hamburg, Grindelallee 26 und (von 1 PS an) der Sparmotor der Eisenwerke in **Gaggenau** (Baden) (Fig. 209). — [1]) Dampfturbinen liefern **Brown, Boveri** u. Co., Akt.-Ges., Mannheim. Siehe auch **Maresch**, Kraftmaschinen zum Betriebe dynamo-elektrischer Stromerzeuger, Leipzig, O. Leiner, 1898.

Gleiten der Riemen auf den Riemscheiben vermieden, der Aufwand an Öl für die Lager geringer und die Bedienung wesentlich einfacher und weniger zeitraubend wird. Sie eignen sich indes nur bei größerem Strombedarf schon deshalb, weil stets zwei Dynamomaschinen vorhanden sein sollten, um im Fall von Störungen eine Reserve zu haben.

Fig. 210.

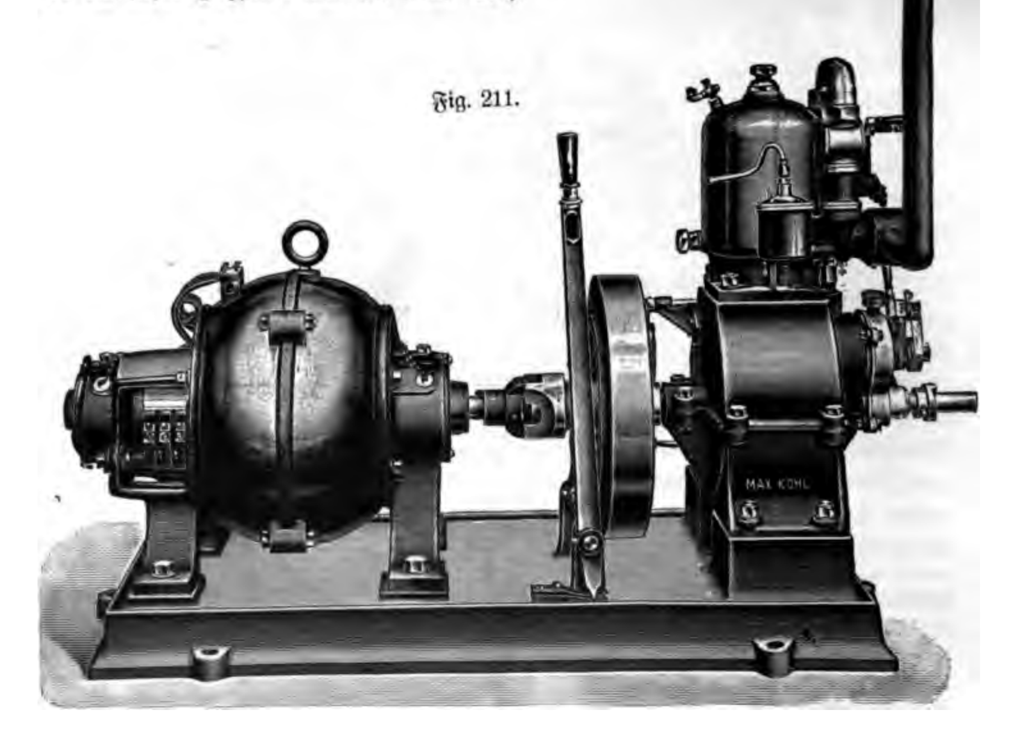


Fig. 211 zeigt eine Dynamo für 3 Kilowatt direkt gekuppelt mit einem Benzinmotor von 4 PS, zu beziehen von M. Kohl, Chemnitz, zu 1750 Mk.

In Fig. 212 ist eine kleine Anlage bestehend aus einem 1 PS-Benzinmotor und einer Dynamomaschine für 65 Volt und 6 Amp. (K, 1536) mit Riemenbetrieb dargestellt, in Fig. 213 eine Anlage bestehend aus einem 3 PS-Drehstrommotor in Verbindung mit einer Dynamo für 65 Volt und 26 Amp. (K, 1165).

Die Formen der Dynamomaschinen sind ebenso verschieden wie die der Elektromotoren. Beispielsweise zeigt Fig. 214 die für Leistungen von 1,2 bis 12,5 Kilowatt von Siemens u. Halske gewählte Art der Ausführung (Preis 360 bis 1300 Mk.).

Fig. 211.



Eine Reihe von Jahren hindurch benutzte ich zwei Nebenschlußmaschinen für ungefähr 20 Amp. Stromstärke und 100 Volt Spannung, jede mit einer Akkumulatorenbatterie von 36 Zellen mit 21 Amp. Maximum Entladestrom und 70 Amp.-

Fig. 212.

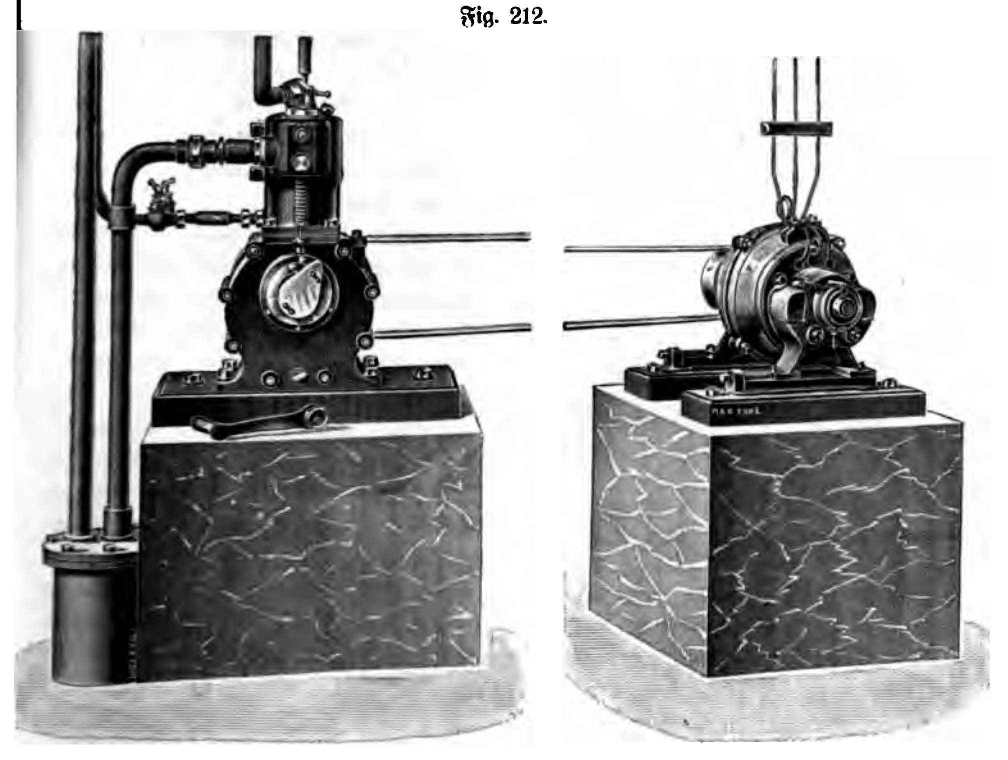
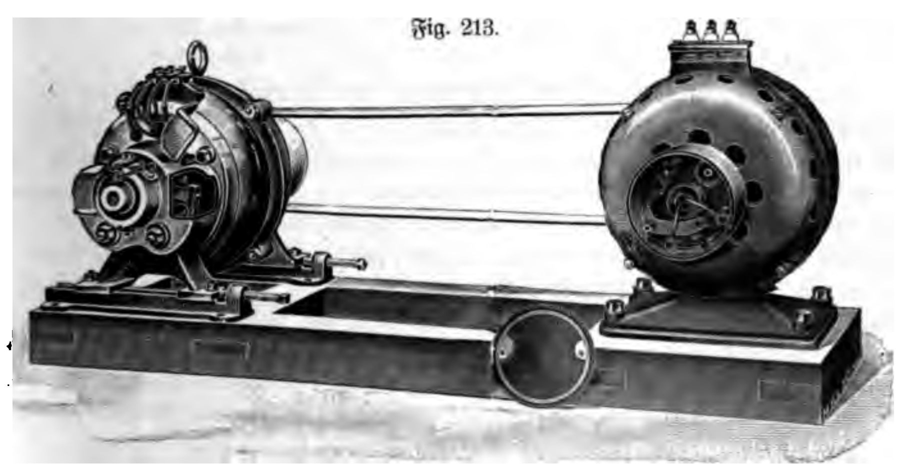


Fig. 213.



Stunden Kapazität in Verbindung stehend, eine Anlage, die sich wohl bewährt hat. Die Verbindung mit einer Akkumulatorenbatterie ist notwendig, nicht nur weil die Maschinenströme wegen der Schwankungen des Gasmotors weniger konstant sind [1]),

[1]) Durch Aufsetzen einer Schwungscheibe auf die Achse der Dynamomaschine können die Schwankungen etwas vermindert werden.

sondern vor allem deshalb, weil man nicht jeweils, wenn Strom gebraucht wird, den Gasmotor erst anlassen und dann wieder abstellen kann, eine oft recht umständliche Arbeit, und ihn ebensowenig unnötigerweise stunden- und tagelang im Gange lassen kann. Die angegebene Elementenzahl entspricht der bei kleineren Anlagen mit Rücksicht auf guten Betrieb der Bogenlampen üblichen Spannung von 65 Volt. Eine Akkumulatorenzelle darf nämlich höchstens auf 1,85 Volt entladen werden, man gebraucht somit für eine Betriebsspannung von 50, 65, 100, 110, 120 und 222 Volt beziehungsweise 27, 36, 54, 60, 66 und 120 Zellen. Bei der Ladung ist pro Zelle anfänglich 2 Volt, schließlich 2,75 Volt zu rechnen. Hieraus ergibt sich die notwendige Spannung der ladenden Maschine.

Fig. 214.



Zum Laden von Akkumulatoren werden fast ausschließlich Nebenschlußmaschinen benutzt, und zwar wird in den Hauptstrom ein automatischer Minimalstromausschalter eingesetzt, welcher die Stromleitung zwischen Maschine und Akkumulatoren unterbricht, sobald der Strom unter ein gewisses Minimum heruntergeht. Würde nämlich beispielsweise der die Dynamo treibende Riemen abgleiten, und die Armatur nicht mehr in so rascher Bewegung sein, daß die Dynamo nunmehr als Nebenschlußmotor durch den Akkumulatorenstrom getrieben würde, was lediglich den Nachteil hätte, daß der Akkumulator nach und nach leer laufen würde, so könnte, ganz wie beim Anlaßen eines Nebenschlußmotors ohne Vorschaltwiderstand, durch unzulässig großen Strom die Armatur zerstört oder infolge der Umkehrung der Pole durch überwiegende Armaturreaktion die Maschine gegen die Bürsten rückwärts getrieben werden.

Verbundmaschinen eignen sich zum Laden von Akkumulatoren nicht, weil ein eventueller Rückstrom aus der Akkumulatorenbatterie die Magnete entmagnetisieren und Kurzschluß herbeiführen könnte. Sind solche vorhanden, so benutzt man nur die Nebenschlußwindungen der Magnetschenkel.

Bei Parallelschaltung von Nebenschlußmaschinen muß die neu zuzuschaltende Maschine vor dem Einschalten so lange reguliert werden, bis sie die richtige Tourenzahl erreicht hat und etwa 1 bis 2 Volt weniger als die bereits im Gange befindliche gibt, dann erst schließt man den Ausschalter des Hauptstroms und reguliert nun an den Nebenschlußwiderständen beider Maschinen so lange, bis die Strommesser gleiche Leistung beider anzeigen.

Was die Anschaffung der Dynamomaschinen anbelangt, so muß man namentlich darauf sehen, daß die Stromabnahme absolut funkenlos stattfindet und die Bürstenverschiebung zwischen Leerlauf und normaler Belastung verschwindend klein ist. Die Kommutatorsegmente müssen reichlich dimensioniert und mit unverbrennlichem Material von gleicher Härte isoliert sein. Die Stromabnehmbürsten sollen Kohlenbürsten aus bester Kohle in gut federnden Bürstenhaltern sein. Wesentlich ist ferner, daß sich die Maschine beträchtlich überlasten läßt.

Im Gegensatz zu älteren Maschinen sind die neueren nicht aus Gußeisen, sondern aus Stahlguß hergestellt und deshalb wesentlich leichter[1]).

Die Aufstellung der Dynamomaschinen erfolgt so, daß die Riemen möglichst lang werden und man durch sie nicht behindert wird, die Maschinen und die Schmiergefäße der Transmission zu bedienen, auch sollen die Riemen möglichst horizontal laufen, damit das Anspannen derselben mit Hilfe der den Dynamomaschinen beigegebenen Schlittenvorrichtungen keine Schwierigkeiten bereitet.

Die Abstellvorrichtung wird so eingerichtet, daß sie eventuell vom Auditorium aus in Tätigkeit gesetzt werden kann. Sollen mehrere Dynamomaschinen angetrieben werden, so wird jede einzelne mit einer Abstellvorrichtung versehen. Wird eine Maschine längere Zeit nicht gebraucht, so wird der Riemen zur Schonung abgenommen, es muß also eine geeignete Vorrichtung vorhanden sein, um ihn aufzuhängen, ohne den Betrieb der übrigen Maschinen zu stören.

Was die Behandlung einer Dynamomaschine anbelangt, so ist besonders darauf zu sehen, daß der Kollektor der Maschine stets genau rund und glänzend poliert ist. Man reinigt ihn jeweils nach Gebrauch der Maschine eventuell durch Anhalten eines mit feinem Sand- oder Glas- (nicht Schmirgel-) Papier beklebten Holzklötzchens. Ist derselbe stärker angefressen, so wird eine scharfe Feile benutzt oder, falls sich Spuren von Unrundwerden zeigen, ein Drehbanksupport mit Stichel, welchen man mittels

---

[1]) Näheres über Dynamomaschinen findet man in Arnold, Die Gleichstrommaschine, Berlin, Springer, 1902; G. Kapp, Dynamomaschinen für Gleich- und Wechselstrom und Transformatoren, Berlin, J. Springer, 1897; Fischer-Hinnen, Elektrische Gleichstrommaschinen, Zürich, Raustein, 1899; S. P. Thompson, Die dynamo-elektrischen Maschinen, Halle a. S., W. Knapp; Kalender für Elektrotechniker von Uppenborn, R. Oldenburg, München; Die elektrische Anlage im physikalischen Kabinett der k. k. Oberrealschule in Innsbruck von Prof. Dr. H. Hammerl; Hirsch-Wilking, Elektroingenieurkalender, O. Coblentz, Berlin W., 1902; F. Hoppe, Wie stellt man Kostenanschläge und Betriebskostenberechnungen für elektrische Licht- und Kraftanlagen auf? Leipzig, E. Hoppe 1902; v. Gaisberg, Taschenbuch für Monteure elektrischer Beleuchtungsanlagen. Bezugsquellen für Dynamomaschinen sind z. B.: Siemens u. Halske, Akt.-Ges., Berlin; Deutsche Elektrizitätswerke vorm. Garbe, Lahmeyer u. Co., Aachen; Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft, Berlin; Helios-Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, Köln-Ehrenfeld; Schuckert u. Co., Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, Nürnberg; Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vorm. W. Lahmeyer u. Co., Frankfurt a. M.; Gesellschaft für elektrische Industrie, Karlsruhe; G. und E. Fein, Elektrotechnische Fabrik, Stuttgart; Berliner Maschinenbau-Aktiengesellschaft vorm. L. Schwartzkopff, Berlin N., Henningsdorferstr. 33; Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vorm. Hermann Pöge, Chemnitz i. S.; Westinghouse, Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, Berlin W., Jägerstr. 19; Union, Elektrizitätsgesellschaft, Berlin NW., Dorotheenstr. 43; Thüringer Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, Berlin NW., Schiffbauerdamm 6/7; Maschinenfabrik Eßlingen in Eßlingen; Alwin Hempel, Elektrotechnische Fabrik, Dresden; Schumanns Elektrizitätswerk, Leipzig-Plagwitz; Braunschweigische Maschinenbauanstalt, Braunschweig; Aktiengesellschaft Sächsische Elektrizitätswerke vorm. Pöschmann u. Co., Heidenau, Bezirk Dresden; Th. Müller, Elektrotechnische Fabrik, Zerbst in Anhalt; Ernst Heinrich Geist, Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, Köln a. Rh.; Vereinigte Elektrizitätswerke, Aktiengesellschaft, Dresden; Rud. Ley, Arnstadt; Gustav Conz, Elektrizitätsgesellschaft m. b. H., Hamburg; Elektrizitätswerke Wunderlich u. Herrmann, G. m. b. H., Hannover; Elektrotechnische Werkstätte Darmstadt, G. m. b. H., Darmstadt; Bergmann, Elektrizitätswerke, Akt.-Ges., Berlin N., Oudenarderstr. 23 bis 32; Umbreit u. Matthes, Leipzig-Plagwitz 1; Elektrizitäts-Aktiengesellschaft vorm. Kolben u. Co., Prag-Wysocan; Dr. G. Langbein u. Co., Leipzig-Sellerhausen; Max Schorch u. Co., Elektrotechnische Fabrik, Rheydt.

eines passend zugeschnittenen Holzklotzes und Schraubzwingen am Gestell der Maschine befestigt. Man setzt dabei die Maschine entweder mittels der Hand oder eines Elektromotors (oder auch mittels des Gasmotors nach Entfernung des den Regulator belastenden Gewichts) in sehr langsame Umdrehung. Den hierbei, sowie auch beim gewöhnlichen Gebrauch der Maschine entstehenden Kupferstaub beseitigt man sorgfältig mit Blasebalg, Pinsel und Putzlappen. Ebenso müssen die Bürsten stets in gutem Zustande gehalten werden. Um die Kontaktflächen derselben zu erneuern, nimmt man sie aus ihren Haltern heraus und befestigt sie in einem aus Holz oder Eisen hergestellten Klemmfutter (Bürstenkluppe), in welches sie genau hineinpassen, so daß nur das abzufeilende Ende etwas vorragt. Die Endflächen des Klemmfutters haben diejenige Neigung, welche die abzufeilende Fläche haben muß, damit die Bürsten den Kollektor richtig berühren. Man hat also nur nötig, das Bürstenende so weit abzufeilen, bis es mit diesen Flächen in gleicher Ebene liegt.

Die Bürsten dürfen nur leicht auf dem Kollektor aufliegen und müssen so eingesetzt werden, daß sie (bei zweipoligen Maschinen) zwei um 180° auseinanderliegende Lamellen berühren. Vor Einsetzen der Bürsten sucht man sich deshalb durch Abzählen zwei solche Lamellen auf und bezeichnet sie etwa durch eingeschlagene Körnerpunkte, falls dies nicht schon von seiten der Fabrik geschehen ist. Während des Betriebes müssen die Bürsten durch Drehen des Bürstenhalters so eingestellt werden, daß die Funkenbildung verschwindet oder möglichst gering wird.

Beim Abstellen werden die Bürsten, bevor die Maschine ganz zur Ruhe kommt, mittels der gewöhnlich am Bürstenhalter angebrachten Vorrichtung vom Kollektor abgehoben, um Beschädigungen zu verhüten, falls etwa die Maschine rückwärts gedreht wird. Man legt sie aus gleichem Grunde bei Inbetriebsetzung erst auf, wenn die Maschine im Gange ist [1]).

b) Das Schaltbrett. Von der Dynamomaschine gehen die Leitungen zunächst zu einem Schaltbrett [2]) und erst von hier weiter zu den Akkumulatoren und in das Auditorium. Auf dem Schaltbrett neben den Aus- und Umschaltern ein Ampèrometer und ein Voltmeter für jede Maschine, zwei Nebenschlußregulatoren für die Dynamomaschinen, zwei Hauptstromregulatoren, welche den Mangel der Zellenschalter ersetzen [3]).

Notwendig ist ferner zum Laden der Akkumulatoren ein Stromrichtungsanzeiger, d. h. eine Bussole oder ein Polsucher (mit Ausschalter). Die auto-

---

[1]) Bezugsquellen für Dynamobürsten sind z. B.: Chr. Wandel, Reutlingen, Württemberg; Martel, Catala u. Co., Metallgewebefabrik, Schlettstadt, Elsaß; Sächsische Dynamobürsten- und Metallgewebefabrik, Sauerbrey u. Kostorz, Dresden A.; P. Ringsdorff, Essen a. d. Ruhr; Louis Patz, Techn. Bureau, Dresden A., Kyffhäuserstr. 26. Collektoren liefert: J. Kalb u. Co. Nachf., Böhlitz, Ehrenberg bei Leipzig. Besonders vorteilhaft sind Kohlebürsten, vorausgesetzt, daß der Kollektor die dafür erforderliche große Ausdehnung hat, solche sind zu beziehen von Le Carbone, Akt.-Ges., vorm. Lacombe u. Co., Frankfurt a. M. und von Fabius Heurion, Nancy. Um den Kohlenbürsten die richtige Form zu geben, legt man um den Kollektor ein Stück Schmirgelpapier, die beklebte Seite nach außen, drückt die Kohlen an und dreht nun den Kollektor so lange, bis in die Kohlen eine Höhlung eingeschliffen ist, die genau der Rundung des Kollektors entspricht. — [2]) Die Maschinen müssen von dem Schaltbrett aus sichtbar sein, dasselbe kann also nicht in der Versenkung unter dem Auditorium angebracht werden. — [3]) Anwendung von Zellenschaltern oder Zusatzmaschinen ist bei kleinen Anlagen zu umständlich.

matischen Minimalausschalter werden zweckmäßig mit einer Klingelanlage verbunden, damit sie durch Klingeln die Unterbrechung des Stromes anzeigen, um die Ursache der Störung sofort ermitteln zu können. Man kann sie auch so einstellen, daß sie in gleicher Weise die beendigte Ladung der Akkumulatoren anzeigen, da gegen Ende der Ladung die Gegenkraft der Akkumulatoren rasch anwächst.

Fig. 215.



Das von mir benutzte Schaltbrett ist erheblich komplizierter eingerichtet als die üblichen Schaltanlagen[1], insofern dahin auch die Enden der Haupt- und Nebenschlußwickelungen, sowie die von den Bürsten kommenden Leitungen geführt sind, um beliebige Kombinationen herstellen zu können. Die Drähte endigen dort in konisch ausgebohrten Messingklötzchen, in welche durch Leitungsschnüre verbundene Stöpsel eingesetzt werden können. Diese Stöpsellöcher sind nahe beieinander angeordnet und werden beim Gebrauch mit einer Schablone aus stark gefirnißtem Pappdeckel bedeckt, auf welcher die entsprechende Schaltung angeschrieben ist, und welche nur diejenigen Löcher offen läßt, in welche Stöpsel eingesteckt werden sollen, zugleich durch aufgetragene Linien andeutend, welche Löcher miteinander verbunden werden sollen. So kann auch ein ungeübter Diener in kürzester Frist die komplizierteste Schaltung herstellen.

Fig. 216.



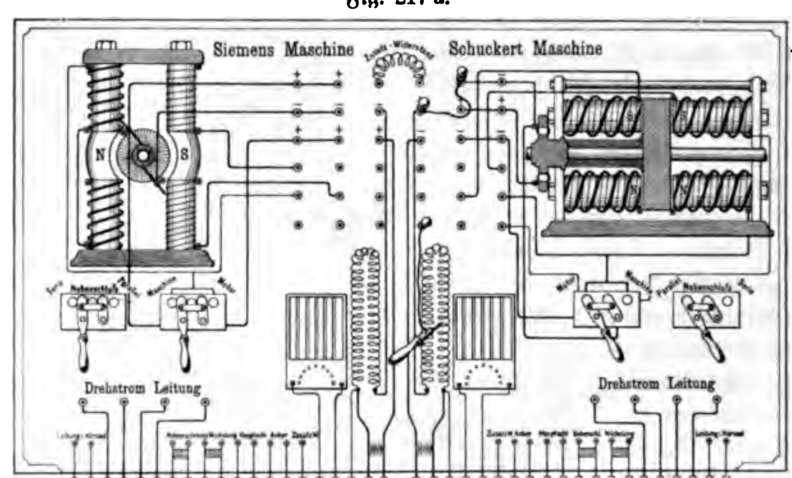
[1]) Schalttafeln zur Abnahme von Akkumulatoren und Dynamostrom mit Zellenschalter oder für Akkumulatorenstrom allein, speziell zum Betriebe von Funkeninduktoren, sind z. B. zu haben bei E. Leybolds Nachfolger, Köln, Brüderstr. Fig. 215 zeigt eine „Normalschalttafel" für eine Gleichstromdynamo, Fig. 216 eine solche für eine Dynamo mit Batterie nach Siemens u. Halske.

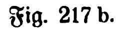
Auf dem Schaltbrett befinden sich ferner noch je zwei **Umschalter**, von welchen der eine dazu dient, falls geringere Spannung gewünscht wird, die Nebenschlußwickelungen der Maschinen, statt hintereinander, parallel zu schalten; der andere, den Akkumulatorenstrom in die Maschinen zu leiten, um diese als Motoren zu treiben, sei es um den Gasmotor anzulassen (anstatt ihn mit der Hand anzudrehen), was sehr zu empfehlen, oder um die Transmission zum Betrieb einer anderen Maschine, z. B. einer Luftpumpe, in Tätigkeit zu setzen, ohne den Gasmotor in Betrieb setzen zu müssen.

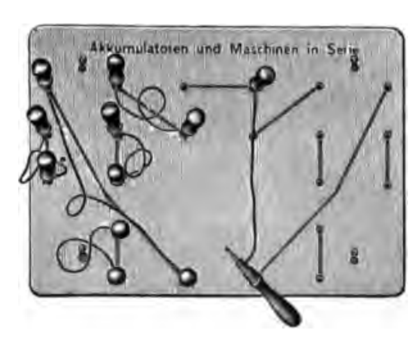
Ferner sind auf dem Schaltbrett noch Stöpselkontakte angebracht, welche mit den Drehstromschleifringen und den Magnetschenkelwindungen der Maschinen in Verbindung stehen.

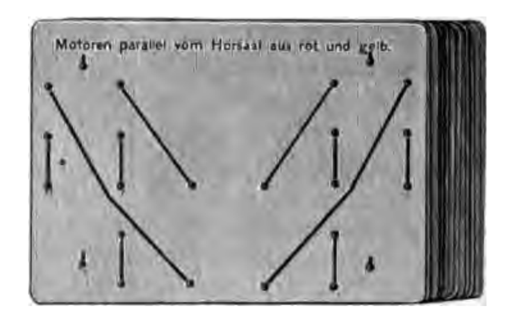
Einen Teil des Schaltbretts zeigt Fig. 217 a. Wie man sieht, sind auf dasselbe die Maschinen aufgemalt, und zwar so, daß jedes Stöpselloch mit der entsprechenden

Fig. 217 a.




Fig. 217 b.





Klemme des Bildes durch einen Strich verbunden ist, so daß man ohne weiteres übersehen kann, welcher Strom dort zu entnehmen ist. Fig. 217 b zeigt eine Schablone mit einigen Stöpseln, sowie ein Paket Schablonen.

c) **Störungen an Dynamomaschinen.** Funktioniert eine Dynamomaschine nicht richtig, so ist der Fehler gewöhnlich der, daß der **Riemen schlaff** geworden ist. Man erkennt dies an der geringen Spannung, Erhitzung der Riemscheibe und

am sichersten durch Zählen der Umläufe pro Minute mittels des Tourenzählers oder eines Tachometers[1]).

Eine zweite Möglichkeit ist Vergrößerung der Reibung durch Heißlaufen eines Lagers. Man erkennt dieselbe durch Befühlen der Lager und auch an dem Regulator des Gasmotors, welcher nicht, wie gewöhnlich, nach einigen Umläufen den Gaszutritt absperrt.

Ist das Heißlaufen nicht durch mangelnde Schmierung bedingt, so kann die Ursache zu straffes Anspannen des Riemens oder ungenaues Aufschrauben eines Lagerbocks sein. Ob ersteres der Fall ist, erkennt man daran, ob sich nach Entfernung des Riemens der Anker leicht drehen kann. Ist der Lagerbock ungenau befestigt, so wird die starke Reibung beseitigt, indem man die Befestigungsschrauben des Lagerbocks löst und nach entsprechender Korrektion der Stellung wieder anzieht.

Eine dritte Möglichkeit ist die Lockerung von Klemmschrauben an der Dynamomaschine, so daß z. B. der Magnetisierungsstrom nicht seine volle Stärke erreicht oder ganz unterbrochen ist. Man erkennt dies leicht durch Annähern eines Eisenstückes, z. B. eines Schlüssels an die Polschuhe.

Öfter kommt es auch vor, daß ein Nebenschluß zur Magnetbewickelung oder zum Anker vorhanden ist, z. B. infolge von Kupferstaub, welcher sich zwischen schlecht isolierten Drähten angesammelt hat, oder dadurch, daß an zwei Punkten infolge durchgescheuerter Isolation Schluß mit dem Eisengestell der Maschine vorhanden ist. Letzteren kann man leicht mittels einer kleinen galvanischen Batterie ermitteln, indem man einen Pol mit dem Eisengestell verbindet, den anderen mit den verschiedenen Drahtenden und Klemmschrauben, und sieht, ob dabei ein Funken auftritt oder ein Polsucher Strom anzeigt. Beim Betriebe ist in diesem Falle die Erwärmung der Spulen verschieden und an einer Bürste treten stärkere Funken auf als an der anderen.

Ist Nebenschluß zu einer Magnetspule vorhanden, so sind die Pole ungleich stark magnetisch. Ist Nebenschluß zu einer Ankerspule vorhanden (z. B. Kupferstaub zwischen den Kollektorlamellen oder Eisenschluß infolge durchgeriebener Isolation), so erwärmt sich die Spule sehr stark und an den entsprechenden Kollektorsegmenten zeigen sich starke Funken, wenn sie unter einer Bürste durchgehen.

Ist die ganze Magnetbewickelung kurz geschlossen, so erhält man bei Prüfung mit der kleinen Batterie und einem Galvanoskop starken Strom infolge des geringen Widerstandes; es ist auch nicht möglich, mittels eines Hilfsstromes (von der Akkumulatorenbatterie) die Magnetschenkel zu erregen.

Ist in der Magnetbewickelung ein Draht gebrochen, so ergibt sich bei Prüfung mit der kleinen Batterie die Unmöglichkeit, einen Strom hindurch zu senden.

Ist die ganze Ankerwickelung kurz geschlossen, so schlagen Funken rings um den Kollektor und der Anker wird rasch heiß, vorausgesetzt, daß der Motor nicht stehen bleibt oder der Riemen abspringt.

Ähnliche Erscheinungen zeigen sich, wenn die Isolierung zwischen zwei Kollektorlamellen durchschlägt oder durch Kupferspänchen oder Verbindung mit den Ankereisen überbrückt ist. Die betreffende Spule erhitzt sich stark und kann dadurch leicht ermittelt werden.

---

[1]) E. Sonnenthal jun., Berlin C., Neue Promenade 5, liefert Taschenumdrehungszähler zu 3,50 bis 7 Mk.; Tourenzähler nach Dr. May in Taschenuhrform zu 25 Mk.; Tachometer nach Dr. Horn auf elektromagnetischem Prinzip beruhend, zu 55 bis 110 Mk.

Ist ein Ankerdraht gebrochen, so versagt die Dynamo, sie gibt aber Strom, wenn man einen Kupferdraht mit beiden Enden so gegen den Kollektor hält, daß er einen Teil desselben überbrückt. Es entstehen dann rings um den Kollektor schlagende Funken. Bringt man ein Stück Eisen in die Nähe eines Polschuhes, so fühlt man ein Vibrieren desselben.

Ist die Verbindung der Ankerbewickelung mit den Kollektorlamellen etwa durch Lockerung der Befestigungsschrauben ungenügend geworden, so zeigen sich die betreffenden Kollektorlamellen stärker verbrannt als die übrigen. Es empfiehlt sich daher, sobald derartige Ungleichmäßigkeiten auftreten, die Schrauben nachzusehen und eventuell stärker anzuziehen.

Nicht selten tritt auch Versagen einer Dynamomaschine dadurch ein, daß eine der Bürsten nicht genügend anliegt.

Dient eine Hauptschluß- oder Verbunddynamo zum Laden der Akkumulatoren und ist im zweiten Falle der Nebenschluß nicht an die Akkumulatoren angeschlossen, so kann durch Rückwärtslaufen des Stromes ein Entmagnetisieren oder Ummagnetisieren der Magnetschenkel eintreten. Ebenso bei galvanoplastischen Arbeiten. Ist noch geringer remanenter Magnetismus vorhanden, so kann man ihn verstärken, indem man den Stromkreis für einen Moment kurzschließt. Genügt dies nicht, oder ist der Magnetismus umgekehrt, so leitet man zur Wiederherstellung für einen Moment Batteriestrom durch die Magnetspule.

Starkes Geräusch in der Maschine kann bedingt sein durch Anstreifen des Ankers an den Polschuhen, was sich leicht an den abgescheuerten Stellen erkennen läßt, sowie durch ungenügendes Ausbalancieren des Ankers. Um letzteres zu prüfen, legt man den Anker (ohne Riemscheibe) auf zwei glatte, genau horizontal gerichtete Schienen, z. B. Drehbankwangen, und versucht, ihn langsam darauf fortzurollen. Ist der Schwerpunkt in der Mitte, so muß sich der Anker in jeder Lage im indifferenten Gleichgewicht befinden. Ist es nicht der Fall, so befestigt man an der leichteren Hälfte passende Gewichte, bis das indifferente Gleichgewicht erreicht ist [1]).

Fig. 218.



1:3

20. Die Wechselstromanlage. Liefert die Zentrale Wechselstrom, so wird derselbe in ähnlicher Weise wie der Gleichstrom dem Schaltbrett im Auditorium zugeleitet. Die Schalteinrichtungen, Meßapparate, Rheostaten und Klemmen sind im wesentlichen die gleichen, nur die Maximalausschalter müssen durch Bleisicherungen ersetzt werden, da die käuflichen keine unterteilten Eisenkerne besitzen, wie für Wechselstrom erforderlich ist.

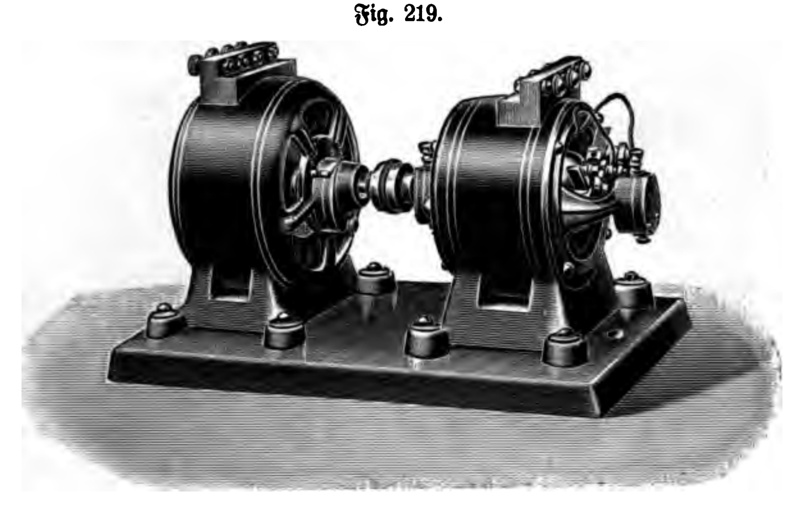
Von den Meßinstrumenten eignen sich besonders die mit Luftdämpfung versehenen Konstruktionen, z. B. Fig. 218, zu beziehen von Hartmann u. Braun, Frankfurt a. M. (Preis 50 bis 62 Mk.).

Liefert die Zentrale Gleichstrom, so erhält man Wechselstrom mittels eines rotierenden Gleichstrom-Wechselstromumformers. [illegible] entweder

[1]) S. a. E. Schulz, Die Krankheiten elektr. Maschinen. Ham

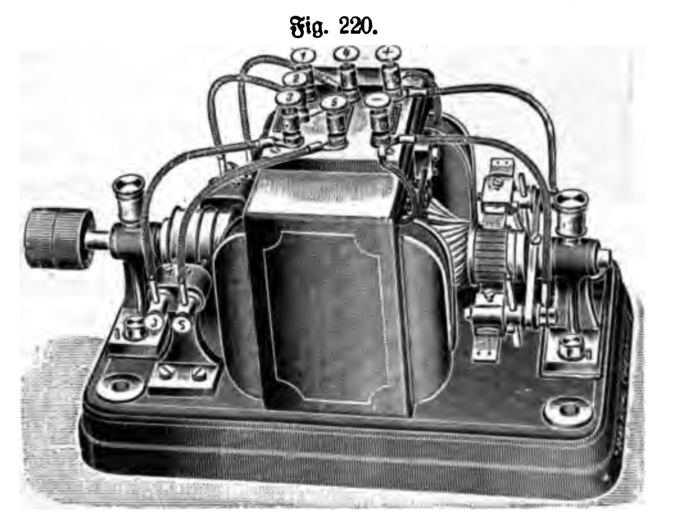
Doppelmaschinen (Fig. 219) oder Umformermaschinen mit Schleifringen und Kollektor am gleichen Anker (Fig. 220, K für 30 Volt und 4 Amp. 165 Mk.). Die ersteren sind im allgemeinen vorzuziehen. Soll die mittlere Spannung des Wechselstromes nicht verschieden sein von der des Gleichstromes, so genügt bei Umformermaschinen eine einzige Bewickelung des Ankers, die nach der einen Seite mit

Fig. 219.



dem Kollektor, nach der anderen mit den Schleifringen verbunden ist. Im entgegengesetzten Falle müssen primäre und sekundäre Wickelung getrennt sein und ihre Windungszahlen den Spannungen entsprechen. Ich benutze zwei Doppelmaschinen, von welchen die eine (Schuckertmaschine) fast sinusförmigen Wechselstrom liefert, die andere steil gezackte Stromwellen, deren maximale Stromintensität und Spannung bei weitem die mittlere übertrifft (Heliosmaschine). Die Magnetschenkel der Wechselstrommaschinen werden dabei durch Akkumulatorenstrom vom Schaltbrett des Auditoriums aus erregt, wo sich auch die nötigen Schalteinrichtungen für den Elektromotor befinden, so daß man jederzeit vom Auditorium aus die Wechselstrommaschinen in Gang setzen und die Stärke der Ströme durch Änderungen des Magnetisierungsstromes abändern kann. Bei Umformermaschinen ist letzteres nicht möglich, ihre Verwendung deshalb nicht zu empfehlen.

Fig. 220.



Wird der Wechselstrom von einer Zentrale bezogen, welche hochgespannten Wechselstrom liefert, so muß dieser zunächst durch einen Transformator auf die Gebrauchsspannung heruntertransformiert werden. Soll dieser Transformator im Gebäude auf-

gestellt werden, so muß dafür ein besonderer feuersicherer Raum (im Keller) vorgesehen werden. Da Wechselstrom nur selten gebraucht wird, empfiehlt es sich, einen

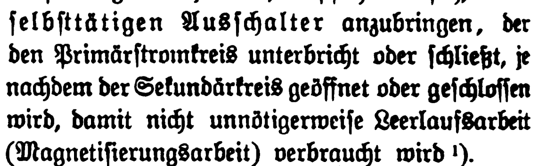
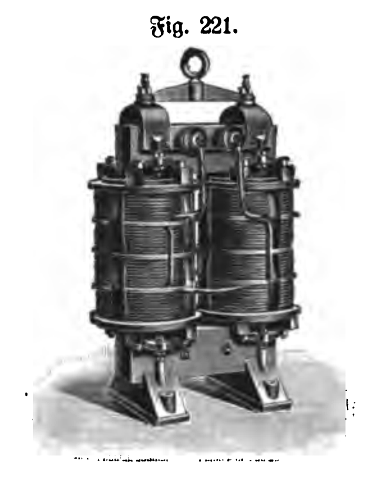

selbsttätigen Ausschalter anzubringen, der den Primärstromkreis unterbricht oder schließt, je nachdem der Sekundärkreis geöffnet oder geschlossen wird, damit nicht unnötigerweise Leerlaufsarbeit (Magnetisierungsarbeit) verbraucht wird[1]).

Fig. 221.



21. Die Drehstromanlage. Bezüglich der Drehstromanlage gilt im wesentlichen das Gleiche wie für die Wechselstromanlage. Doppelmaschinen sind auch hier vorzuziehen. In Ermangelung solcher benutze ich Gleichstrommaschinen, auf deren Achse oder Kollektor unter Zwischenfügung einer isolierenden Hülse Schleifringe aufgesetzt sind, und zwar bei der einen Maschine drei, bei der anderen vier, welche mit drei, beziehungsweise vier gleichweit von einander abstehenden Kollektorlamellen in leitende Verbindung gesetzt sind. Die Bürstenhalter werden ersetzt durch die Halter der auf den Ringen schleifenden Federn, von welchen drei, beziehungsweise vier Leitungen über das Schaltbrett des Maschinenraums zum Schaltbrett des Auditoriums geführt sind, wo sich die nötigen Ausschalter u. s. w. befinden. Die zum Schaltbrett des Maschinenraums geführten Enden der Magnetwickelung werden dort ebenfalls an eine an dem Schaltbrett des Auditoriums endigende Leitung angeschlossen, so daß es möglich ist, von dort aus die Magnetschenkel zu erregen und damit den Drehstrom beliebig abzuschwächen oder zu verstärken. Die Ausschalter können entweder gewöhnliche sein oder solche, welche alle drei, beziehungsweise vier Leitungen gleichzeitig unterbrechen oder schließen, wie Fig. 222 zeigt.

Fig. 222.



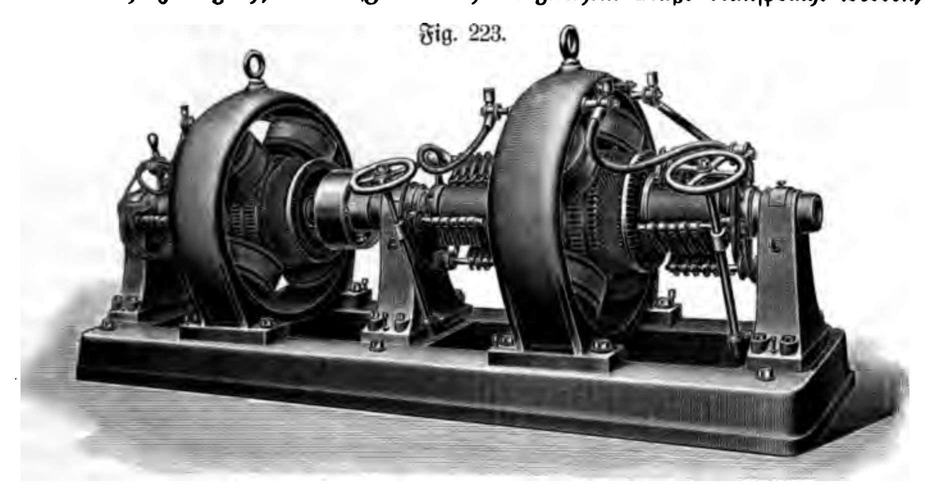
Zur Transformierung von hochgespanntem Drehstrom einer Zentrale dient ein Drehstromtransformator. Man könnte denselben eventuell so einrichten, daß Ströme verschiedener Spannung entnommen werden können.

22. Niederspannungsanlage. Zu manchen Versuchen sind Ströme von nur 6 bis 12 Volt Spannung, dagegen 1000 bis 5000 Ampere Stromstärke erwünscht. Mit einer größeren Akkumulatorenbatterie, deren Zellen durch ein Pachytrop so verbunden werden, daß sie drei oder sechs große hintereinander geschaltete Zellen repräsentieren, läßt sich dies unschwer erreichen, vorausgesetzt, daß genügend starke Kupferseilleitungen bis ins Auditorium geführt sind. Eine Schwierigkeit zeigt sich

[1]) Fig. 221 zeigt einen Transformator ohne Schutzhülle, zu beziehen von den Siemens-Schuckert-Werken, Berlin SW., Askanischer Platz 3.

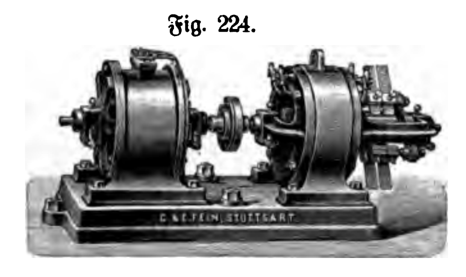
indes bei der Einrichtung des Pachytrops, da sich Federn, falls die Kontaktflächen nicht sehr große Ausdehnung haben, sehr stark erhitzen, und selbst sehr große Quecksilbernäpfe so heiß werden, daß der Strom nur für kurze Zeit gebraucht werden kann [1]). Jedenfalls ist diese Einrichtung recht umständlich und für die Akkumulatorenbatterie nicht zuträglich, da die Zellen nicht in gleichem Maße beansprucht werden,

Fig. 223.



wenn die Zuleitungen zum Pachytropen nicht genau gleiche Widerstände haben. Zweckmäßiger ist deshalb die Aufstellung einer besonderen **Niederspannungsbatterie** aus Zellen größter Sorte, welche durch eine besondere **Niederspannungsdynamomaschine** geladen wird [2]).

Fig. 224.



Steht Zentralenstrom zur Verfügung, gleichgültig welcher Stromart, so wird man natürlich die Niederspannungsmaschine durch einen direkt gekuppelten Elektromotor betreiben, d. h. eine **Doppelmaschine** (Figg. 223 u. 224) oder einen rotierenden Umformer (Fig. 220) verwenden. Dann wird es auch möglich sein, sowohl diese Maschine, wie die Akkumulatoren in der Versenkung unter dem Auditorium aufzustellen, so daß nur kurze Leitungen erforderlich sind, und die Stromverluste in diesen auf ein Minimum reduziert werden.

Gewöhnlich stellt man die **Leitungen aus dicken Kupferschienen** her. Bei der Karlsruher Anlage habe ich statt dessen Bündel von 7 mm dicken Kupferdrähten verwendet, deren Enden in Schuhe aus starkem Kupferrohr eingelötet sind. Es

---

[1]) Man kann sich solche Näpfe aus großen Gasröhrenverminderungsmuffen herstellen, in deren engere Öffnung als Zuleitung eine dicke Kupferstange eingeschraubt wird. Das Quecksilber wird mit einer Schicht Wasser bedeckt, um an der Dampfentwickelung unzulässige Temperaturerhöhung erkennen zu können. Ferner muß ein Sammelgefäß vorhanden sein, in welches das beim Herausnehmen der Kupferbügel an diesen hängende Quecksilber abtropfen kann. — [2]) Solche sind zu beziehen von **Siemens** und **Halske** in Berlin; **Deutsche Elektrizitätswerke, Garbe, Lahmeyer u. Co.**, Akt.-Ges. Aachen (Fig. 223) und Dr. G. **Langbein u. Co.**, Leipzig-Zellerhausen; **Umbreit u. Matthes**, Leipzig-Pl. IIIb; **P. Jenisch u. Böhmer**, Berlin O., Markusstr. (Werkhof); **C. u. E. Fein**, Elektrotechn. Fabrik, Stuttgart (Fig. 224) u. a.

geschah teils deshalb, weil zufällig solche Drähte billig zu haben waren, teils wegen deren leichten Biegsamkeit im kalten Zustande, während die Biegungen an Kupferschienen in der Hitze geschmiedet werden müssen.

Die Leitungen endigen entweder unter dem Fußboden oder an der Wand, da wo solche starke Ströme hauptsächlich gebraucht werden, und zwar jede in mehreren 2 bis 3 cm weiten Stöpsellöchern. In diese passen Stöpsel, welche an Kupferseile von ähnlichem Durchmesser angelötet sind, von welchen die zusammengehörigen durch Umwickelung mit Leinwand u. dergl. zu einem Kabel vereinigt werden können, welches den Strom dem zu gebrauchenden Apparate zuleitet.

Auf der einen Seite muß natürlich ein Ausschalter angebracht sein, welchen ich so eingerichtet habe, daß nach Herstellung der Stromverbindung noch ein zweiter, und zwar ein großer Stöpselkontakt, als Nebenschluß zum Ausschalter geschlossen wird, welcher eine sehr sichere Verbindung herstellt und sich nur wenig erwärmt. Beim Öffnen des Stromes wird zuerst dieser Stöpsel gezogen und dann erst der Ausschalter geöffnet, damit an ersterem kein Funken auftritt.

Ferner ist in die Leitung eingeschaltet ein Strommesser und ein Rheochord, bestehend aus 2 cm weiten starken Messingröhren, welche während des Gebrauchs von Wasserleitungswasser durchflossen und dadurch kühl gehalten werden. Die Änderung des Widerstandes geschieht durch Verschieben eines Gleitstücks, bestehend aus zwei federnd zusammengehaltenen und an die Röhren angepreßten, entsprechend ausgehöhlten Backen aus starken Kupferklötzen.

Auf sehr einfache Weise läßt sich niedrig gespannter Wechselstrom aus dem Wechselstrom einer Zentrale mittels eines Transformators herstellen, dessen induzierte Spule aus einer einzigen sehr dicken Windung besteht, welche aus mehreren parallel geschalteten Windungen zusammengesetzt werden kann.

Ein Rheostat ist hier nicht nötig, da die Änderung der Stromstärke durch Regulierung des Primärstromes erfolgen kann. Auch dieser Transformator (ich verwende einen solchen von der Firma Helios in Köln) wird zweckmäßig dicht unter dem Fußboden des Auditoriums aufgestellt, um die Leitung möglichst kurz zu machen, falls man nicht, was noch zweckmäßiger ist, vorzieht, ihn durch angebrachte Rollen transportabel zu machen und für den Versuch in das Auditorium zu bringen.

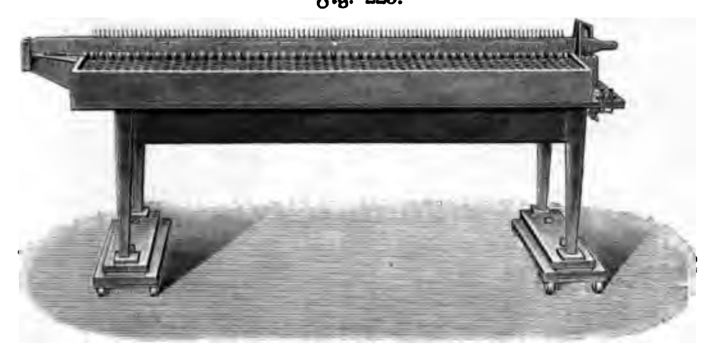
23. Die Hochspannungsanlage. a) Die Hochspannungsakkumulatorenbatterie. Ströme von nur mäßig hoher Spannung kann man durch Hintereinanderschaltung der gewöhnlich in Parallelschaltung gebrauchten Akkumulatorenbatterien (eventuell von Dynamos, wenn deren Windungen genügend isoliert sind) erhalten. Zum Glühen dünner Kohlenstäbchen, Erzeugung längerer Lichtbogen u. dergl. sind solche Ströme von 200 bis 400 Volt Spannung zuweilen recht erwünscht. Noch bequemer ist eine Dynamomaschine, welche Ströme bis 700 Volt erzeugen kann.

Am häufigsten aber, namentlich bei Versuchen über elektrische Entladungen, tritt das Bedürfnis hervor, regulierbare Spannungen bis 2000 und 4000 Volt herstellen zu können. Hierzu ist am angenehmsten eine Hochspannungsakkumulatorenbatterie aus 1000 bis 2000 kleinen Zellen, welche in [illegible] Rollen laufenden, überall bequem zugänglichen Kasten untergebracht [illegible] 25 zeigt eine solche von H. Hertz konstruierte Batterie, welche sich [illegible] brauche im

allgemeinen gut bewährt hat. Die viereckigen Glaszellen derselben stehen in dem Kasten auf Glasplatten und die einzelnen Serien sind außerdem der besseren Isolation wegen durch paraffinüberzogene Glasplatten voneinander getrennt.

Die Serien endigen in Quecksilbernäpfen, welche durch Bügel aus Weißblech, die an einer Latte aus paraffiniertem Holz angeschraubt sind, so verbunden werden

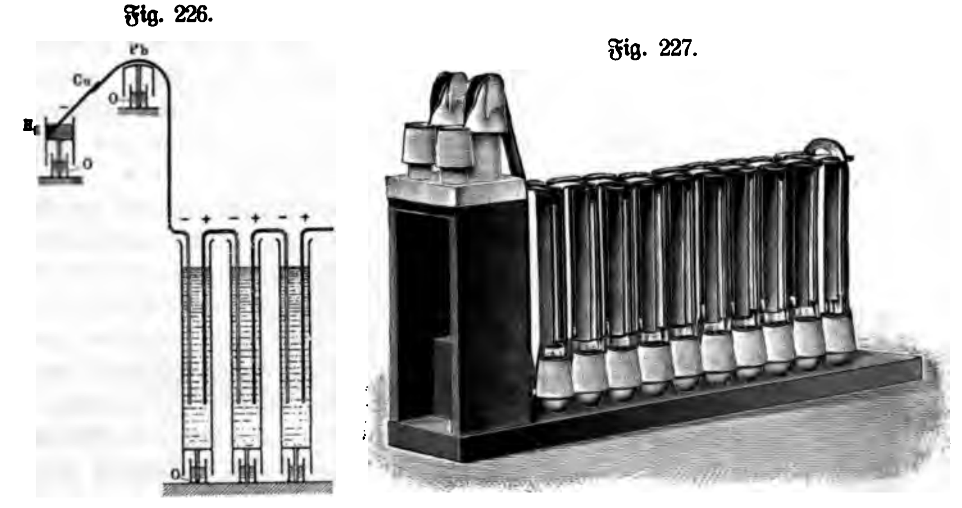
Fig. 225.



können, daß Ladung mit der gewöhnlichen Gebrauchsspannung von 65 Volt möglich ist. Beim Umlegen der Latte, welche als Pachytrop dient, tauchen andere Bügel ein, durch welche die Elemente alle hintereinander geschaltet werden. Falls ein an der Latte entlang laufender blanker Kupferdraht durch einen daran gleitenden Kupferstift mit isolierendem Griff mit dem letzten Quecksilbernapf verbunden wird, sind

Fig. 226.

Fig. 227.



sämtliche Elemente an die Klemmen angeschlossen. Wird dieser Stift z. B. in den mittelsten Napf eingesetzt, so ist nur die Hälfte der Elemente eingeschaltet, also auch die Spannung nur die Hälfte. Eine etwas andere Ausführung der Batterie, wie sie nach Angaben von Zehnder von Klingelfuß in Basel konstruiert wird, zeigt Fig. 226 [1]). Die Isolation der einzelnen Zellen wird durch Ölisolatoren 0,0 bewirkt, ebenso wie die Unterstützung der Endstreifen Pb und der Quecksilbernäpfe Hg, in

[1]) Sätze von 20 Elementen nach Fig. 227 kosten 24 Mk. Öl für Ölisolierungen bezeichnet als „Isoleum“ liefert B. Paege u. Co., Berlin NW., Kaiserin Augusta-Allee 14.

welche an die Bleistreifen angelötete Kupferdrähte eintauchen. Diese Endstreifen sind etwa 14 cm über die Batterie in die Höhe geführt und mit Vaseline bestrichen, damit sich die Schwefelsäure nicht daran emporzieht und das Kupfer angreift.

Fig. 228.

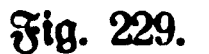


Die Fig. 228 zeigt eine transportable Batterie von 1000 Volt, Ladespannung 125 Volt, Entladespannung regulierbar von 10 zu 10 Volt, Kapazität etwa eine Amperestunde bei 1000 Volt, wie sie geliefert wird von M. Bornhäuser, Charlottenburg 4, Schillerstr. 48.

Ein Fehler mancher solcher Batterien ist der, daß die positiven Platten oder die Zuleitungen zu denselben, welche nach und nach ebenfalls durchoxydiert werden, zu dünn sind, so daß die Platten nach kurzer Zeit abbrechen, besonders wenn die Batterie öfters überladen wird, was sich oft nicht vermeiden oder umgehen läßt [1]).

Zum Laden von Hochspannungsbatterien kann eventuell auch hochgespannter Wechselstrom benutzt werden unter Einschaltung von Hewitts Quecksilberlampe als Gleichrichter. (Siehe Beiblätter 27, 286, 1903.)

b) Die Hochspannungsdynamo. Steht eine Dynamomaschine zur Verfügung, welche 2000 bis 3000 Volt gibt, so kann man die Akkumulatoren direkt laden, das Pachytrop ist unnötig. Ich verwende eine solche Maschine, welche aus einer ehemaligen 110-voltigen Flachringmaschine durch Neubewickelung des Ankers und bessere Isolierung der Kommutatorlamellen in der Werkstätte des Instituts hergestellt wurde. Besondere Aufmerksamkeit wurde der Güte der Isolierung der Wickelung vom Ankereisen zugewendet, wozu mit einer Mischung von Kolophonium und Leinölfirnis getränktes Seidenzeug benutzt wurde, und zwar so dick aufgetragen, daß es selbst bei einer vielfach höheren Wechselstromspannung nicht durchschlagen würde.


Fig. 229.



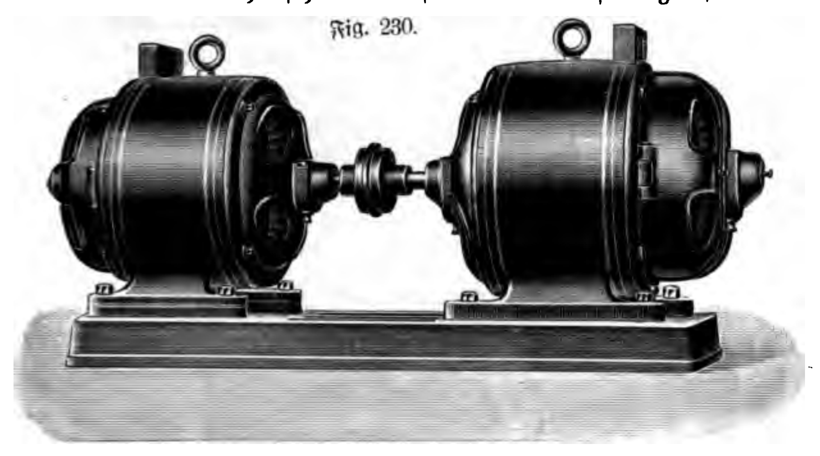
Die Maschine kann vermittelst eines Elektromotors vom Auditorium aus angetrieben werden und ebenso kann die Erregung der Magnetschenkel durch gewöhnlichen Akkumulatorenstrom vom Auditorium aus erfolgen. Natürlich kann die Maschine auch für sich allein benutzt werden oder in Parallel- oder Hintereinanderschaltung

[1]) Beim Arbeiten mit höherer Spannung stellt man sich nötigenfalls auf einen Isolierschemel, oder benutzt Gummischuhe oder Gummihandschuhe (Fig. 229, zu beziehen von Dick in Eßlingen), eventuell Artemieffs Drahtgazeanzug (zu beziehen von Siemens u. Halske in Berlin).

mit der Akkumulatorenbatterie [1]). Im letzteren Falle erhält man Spannung von 4000 Volt und mehr [2]).

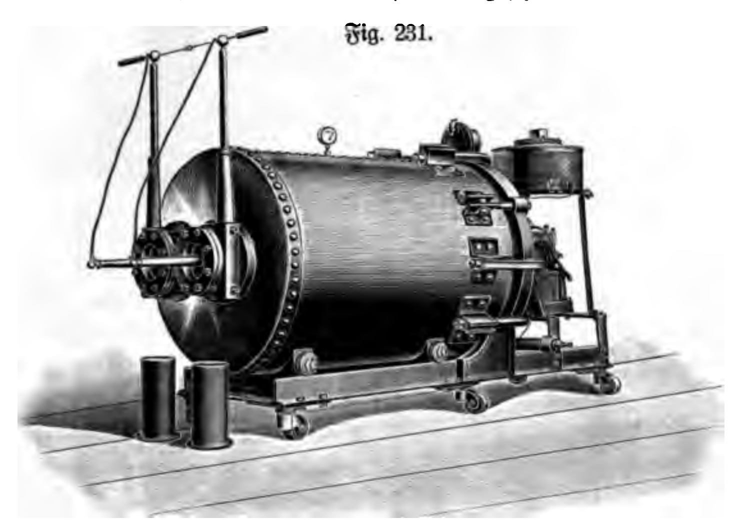
Die Fig. 230 zeigt einen Hochspannungs-Niederspannungs-Gleichstromumformer, wie er von der Elektrotechnischen Werkstätte in Darmstadt geliefert wird.

Fig. 230.



c) Die Hochdruckinfluenzmaschine. Für Spannungen, welche über 4000 Volt hinausgehen, empfiehlt sich eine durch Motor betriebene vielplattige Influenzmaschine, insbesondere die mit 60 parallel geschalteten rotierenden Scheiben

Fig. 231.

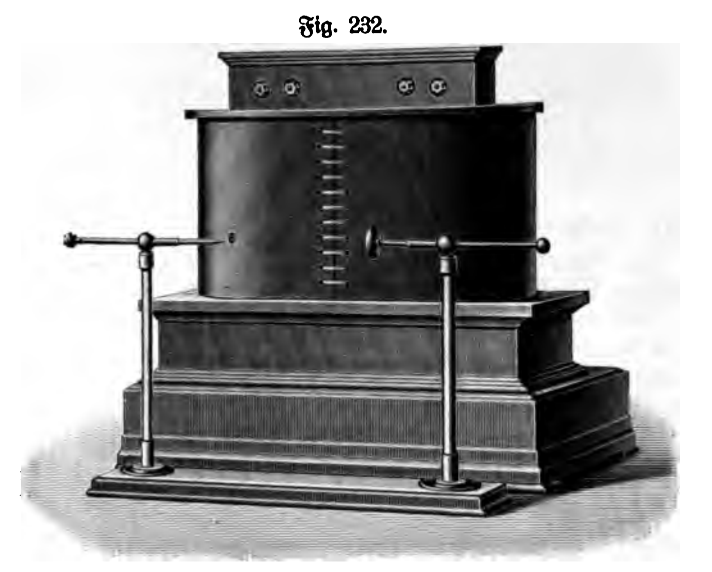


ausgestattete Hochdruckinfluenzmaschine nach Töpler und Hempel, welche von dem Mechaniker O. Leuner in Dresden zu beziehen ist. Diese Influenzmaschine (Fig. 231) ist in einen starken eisernen Kessel eingeschlossen, welcher mit trockener Luft von 3 bis 4 Atmosphären Druck gefüllt wird, wodurch die Leistungsfähigkeit beträchtlich steigt, da die Spitzenausströmungen im Inneren der Maschine

[1]) Vorausgesetzt, daß man nicht mit Kondensatorentladungen experimentiert, welche elektrische Schwingungen erregen können, die die Isolation der Ankerwindungen durchschlagen. — [2]) Gleichstrommaschinen von hoher Spannung liefert die Compagnie de l'industrie electrique (Brevets Thury), Genf.

erschwert werden. Die Maschine hat noch den weiteren Vorteil, daß sie nicht beeinflußt wird durch Staub und Feuchtigkeitsgehalt der Luft, dagegen den Nachteil, daß die Wirkung allmählich schwächer wird, falls man nicht zeitweise frische Luft einpumpt, weil die Stopfbüchse, durch welche die Achse herausdringt, nicht völlig dicht schließend erhalten werden kann. Von diesem Übelstande kann man sich befreien, indem man einen größeren Windkessel mit Luft von etwa 10 Atmosphären füllt und aus diesem zeitweise die entwichene Luft ergänzt. Das Füllen des Kessels wird durch den später zu besprechenden Kompressor bewirkt und das Trocknen der Luft durch eingesetzte flache Schalen mit konzentrierter Schwefelsäure. Ich habe auch den Versuch gemacht, die von dem Kompressor angesaugte Luft vorher zu trocknen, indem sie durch große Waschflaschen mit konzentrierter Schwefelsäure geleitet wurde. Ein in die Leitung eingeschaltetes Filter aus Watte sollte ver-

Fig. 232.



hindern, daß etwa mitgerissene Schwefelsäuretröpfchen in den Kompressor gelangen. Die Einrichtung hat sich indes nicht bewährt, die Schwefelsäure scheint überhaupt nicht das für diesen Zweck geeignete Trockenmittel zu sein. Die beste Art der Trocknung wäre jedenfalls die, daß man die Luft durch eine weite, unten mit Abfluß versehene U-Röhre hindurchströmen ließe, welche durch eine Kältemischung auf der Gefriertemperatur gehalten wird, so daß sich das Wasser darin niederschlagen muß. Auf verschiedene kleine Änderungen, welche ich angebracht habe, um die Leistung der Maschine zuverlässiger zu machen, kann hier nicht eingegangen werden. Erwähnt sei nur, daß die Konduktoren durch etwa 10 cm dicke Fenster aus poliertem Glas aus dem Kessel herausgeführt wurden, und zwar durch etwa 50 cm lange, mehrfach ineinander geschaltete Glasröhren, so daß selbst bei 30 cm Funkenlänge kein Durchschlagen der Isolationen zu befürchten ist. Die Achse wurde mit einem Elektromotor direkt gekuppelt und das Ganze auf starken Möbelrollen befestigt, so daß die Maschine eventuell auch in das Auditorium geschoben und dort demonstriert werden kann. Um das Innere zu zeigen, wurden zwei Verlängerungsschienen an das Gestell angefügt, auf welches sich der Kessel mit Ausnahme des einen Bodens nach Lösen der diesen festhaltenden Schrauben hinüberschieben läßt. Da

der Betrieb durch Elektromotor erfolgt, kann die Maschine, auch wenn sie nicht im Auditorium steht, von dort aus in Gang gesetzt und abgestellt werden.

d) Das Induktorium[1]). Für manche Versuche eignen sich besonders die Ströme des Ruhmkorffschen Funkeninduktors (Fig. 233) oder Funkentransformators (Fig. 232), welchen man entweder mit Platin- oder Quecksilberunterbrecher[2]),

Fig. 233.



oder mit den neueren Turbinen- und Elektrolytunterbrechern betreiben kann. Sollen kräftige Funken entstehen, so werden Flaschenbatterien an die Enden der Sekundärspule angeschlossen. Eventuell kann auch Wechselstrom in Verbindung

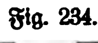


Fig. 234.

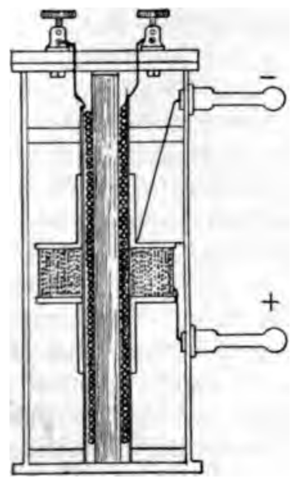


Fig. 235.



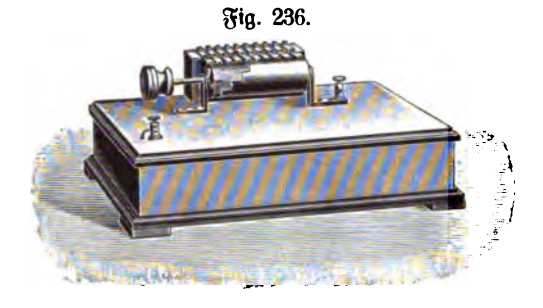
mit einem elektrolytischen Unterbrecher gebraucht werden. Leitet man Wechselstrom ohne weiteres durch die Primärspule, so wirkt der Apparat wie ein Transformator. In der Regel wird er im Auditorium selbst benutzt, man kann ihn aber auch, nachdem er einmal erklärt worden ist, an seinem Standort (etwa in der Versenkung) belassen und vom Auditorium aus in Tätigkeit setzen.

Eigenartig gebaut sind die Funkeninduktoren System Wydts, insofern, wie

[1]) Zu beziehen von Klingelfuß u. Co., Basel; Siemens u. Halske und Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft, Berlin; Max Kohl, Chemnitz u. a. — [2]) Aus dem Schlamm, welcher sich in Quecksilberunterbrechern bildet, kann nach Grimsel (Z. 16, 224, 1903) das Quecksilber durch Behandlung mit Natronlauge wiedergewonnen werden.

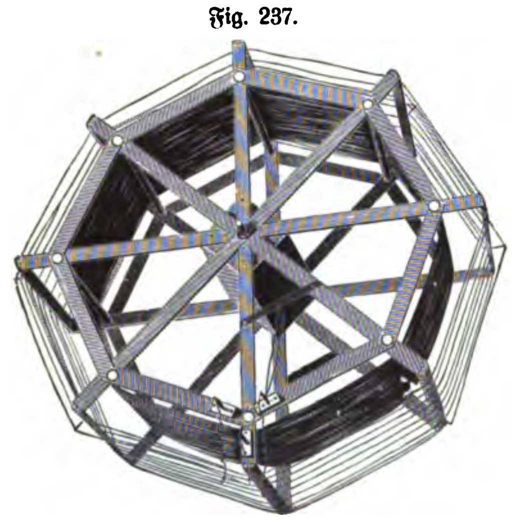
Fig. 234 zeigt, die Sekundärspule relativ sehr kurz und das Ganze in einen stehenden Zylinder aus Papiermasse eingeschlossen ist. Dieselben sollen sich durch besonders große Dauerhaftigkeit und geringen Strombedarf auszeichnen. Sie sind zu beziehen von E. Liesegang in Düsseldorf für 18, 30 und 50 cm Funkenlänge zu bezw. 225, 368 und 800 Mk. (einschließlich des Kondensators). Als Unterbrecher wird der in Fig. 235 dargestellte Motorunterbrecher mit Doppelkontakt, Preis 180 Mk., empfohlen. Zur Einstellung auf höchste Wirksamkeit wird der Kondensator nach Fig. 236 regulierbar gestellt, indem sich durch Drehen der Walze die eingeschaltete Blattzahl verändern läßt. (Preis bei 100 bis 200 Blatt 65 bis 125 Mk.) [1])

Fig. 236.



e) Hochspannungswechselstrom und Drehstrom. Bei der Leichtigkeit, mit welcher Wechsel- und Drehstrom transformiert werden kann, werden Wechsel- und Drehstrommaschinen zu direkter Erzeugung hoher Spannung selten gebraucht. Bei der Anschaffung solcher müßte jedenfalls besonders auf vorzügliche Isolation gesehen werden.

Fig. 237.



Die von mir gebrauchten Transformatoren sind bezogen von der Firma Helios in Köln und liefern je nach der Schaltung Spannungen von 500 bis 4000 Volt [2]). Für noch höhere Spannungen empfehlen sich die Öltransformatoren, welche bis zu Spannungen von 200 000 Volt hergestellt werden [3]).

f) Der Hochfrequenztransformator. Hochfrequenzströme können ihrer Natur nach nicht von einem entfernt stehenden Transformator aus in das Auditorium geschickt werden, da die Anfügung langer Leitungsdrähte eine beträchtliche Änderung der Schwingungsdauer hervorbringen würde. Immerhin ist es möglich bei groß ausgeführten Transformatoren mit entsprechend langer Schwingungsdauer.

[1]) Siehe auch E. Ruhmer, Konstruktion, Bau und Betrieb von Funkeninduktoren, Leipzig, Hachmeister u. Thal, 1903. — [2]) Siemens u. Halske in Berlin liefern Transformatoren für Dreh- und Wechselstrom von 1 Kilowatt an. Der Preis beträgt z. B. für 1 Kilowatt 270 Mk., für 1,5 430 Mk., für 2,5 680 Mk. u. s. w. für Drehstrom. Für Wechselstrom sind die Preise für 1 Kilowatt 425 Mk., für 2,5 530 Mk. u. s. w. — [3]) Solche sind zu beziehen von der Westinghouse Elektrizitätsgesellschaft Berlin W., Jägerstr. 19; den Siemens-Schuckertwerken, Berlin SW., Askanischer Platz 3; Nostitz u. Koch, Chemnitz i. S. (Kleinere Laboratoriumsapparate bis 150 000 Volt) und Klingelfuß u. Co. in Basel (Fig. 232). Kabel, welche Spannungen bis 50 000 Volt aushalten, liefern die Land- und Seekabelwerke, Aktiengesellschaft, Köln-Nippes.

Der von mir seit neun Jahren gebrauchte Lufttransformator hat etwa 2 m Durchmesser und besteht aus Guttaperchadraht, welcher, wie Fig. 237 zeigt, auf ein Gestell von Latten und Glasröhren aufgewunden ist. Primär- und Sekundärwindungen können eine einzige zusammenhängende Spirale bilden, doch sollen die Primärwindungen in der Mitte (an der Indifferenzstelle) liegen.

Die passende Anzahl von Primärwindungen, d. h. diejenige, für welche Resonanz für Primär- und Sekundärspule vorhanden ist, muß durch Ausprobieren gefunden werden. Statt Leydener Flaschen benutzt man zweckmäßiger Plattenbatterien (Franklinsche Tafeln), da sie weniger Raum einnehmen und, was sehr wesentlich ist, die Verbindung zwischen Leitung und Belegung sorgfältiger hergestellt werden kann. Die Primärfunken läßt man zwischen etwa 3 cm starken Zinkklötzen übergehen, von welchen der eine dem anderen durch eine Schraube mit isolierendem Griff genähert werden kann. Jener ist axial durchbohrt und mit Luftzuleitung versehen, um einen kräftigen Luftstrahl in den Zwischenraum blasen zu können, falls die Funken Neigung zeigen, in Lichtbogen überzugehen [1]).

g) **Die Hochspannungsleitungen.** Die Hochspannungsleitung muß natürlich sehr sorgfältig isoliert sein und derart, daß ein Übertritt der hohen Spannung auf andere Leitungen ausgeschlossen ist.

Da die verschiedenen Arten von Hochspannungsstrom nicht gleichzeitig gebraucht werden und die Stromstärke bei allen eine geringe ist, so genügen zwei Leitungen, eine ausreichend für 2000 bis 4000 Volt, die andere für Spannungen, wie sie Hochdruckinfluenzmaschine und Funkeninduktor liefern. Im Karlsruher Institut ist die Leitungsführung eine sehr komplizierte, da die Drähte nicht nur mehrere dicke Mauern, sondern auch Fußboden und Zimmerdecke durchdringen müssen. Es wurden mit Guttapercha umhüllte Drähte benutzt, welche nur da, wo nötig, an langen, aus Ebonit oder Glas bestehenden Haken aufgehängt sind [2]). Durch die Mauern gehen die Drähte insofern frei hindurch, als sie nur gehalten werden durch Ebonitscheiben von 10 beziehungsweise 40 cm Durchmesser, welche als Deckel auf entsprechend weite, die Mauern durchdringende hölzerne Kanäle aufgeschraubt sind (Fig. 238). In dem Maschinenraum endigen die Drähte, von der Decke herunterhängend, in isolierenden Handgriffen mit Stöpsellöchern (Fig. 239), an welche je nach Bedarf die Zuleitungen irgend eines der beschriebenen Hochspannungsapparate angeschlossen

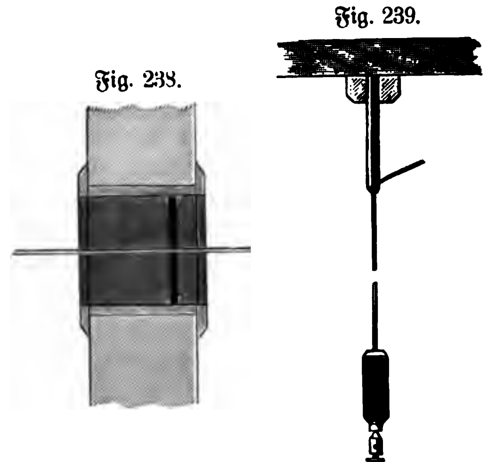


Fig. 238. Fig. 239.

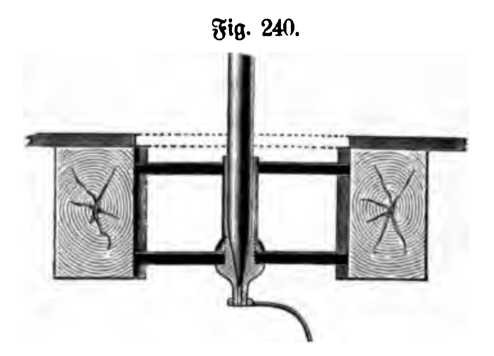
---

[1]) Über einen Hochspannungstransformator mit 1200 Polwechseln siehe W. Wien, Phys. Zeitschr. 4, 586, 1903. — [2]) Für außergewöhnlich große Spannungen werden die Drähte zweckmäßig durch dicke Kautschukschläuche oder Glasröhren gezogen, wodurch allerdings die Kapazität wesentlich größer wird, was bei manchen Versuchen stört. Früher gebrauchte ich auch einzöllige leichte Messingröhren, die durch Kugelgelenke miteinander verbunden waren. Leitungsdrähte und Schnüre für hohe Spannungen liefert: Ad. Hohnholz, Rheydt, Gummifabrik und Drahtzieherei.

werden können. Zu diesem Zwecke sind auch an diese gleich beschaffene und in gleicher Weise an der Zimmerdecke befestigte Leitungsdrähte angeschlossen, deren mit isolierenden Handgriffen mit Stöpsellöchern versehene Enden frei herunter hängen. Um die Verbindung herzustellen, werden diese Stöpsellöcher mit denen der Leitung durch passende Stöpselschnüre verbunden.

Um die Verbindung rasch vornehmen oder abändern zu können, dürfte es sich empfehlen, diese ganze Schaltanlage, womöglich auch die Maschinen selbst, in der Versenkung unter dem Auditorium anzubringen. Im Auditorium erfolgt der Anschluß durch die auch zu anderen Leitungszwecken gebrauchten messingenen Ständer, welche in entsprechende konische Hülsen in den Fußboden eingesteckt werden, an welchen die Leitungen endigen. Selbstverständlich sind auch diese Hülsen in 40 cm großen Ebonitscheiben befestigt, welche in entsprechend weite Holzkästen in den Fußboden eingesetzt sind und gewöhnlich durch Deckel von gleicher Größe, die mit dem Fußboden in gleicher Ebene liegen, verdeckt sind und nur beim Gebrauche (nach Abheben der Deckel) frei liegen (Fig. 240). Meßinstrumente, Ausschalter u. s. w. werden in die von den Messingständern ausgehenden Leitungen eingeschaltet.

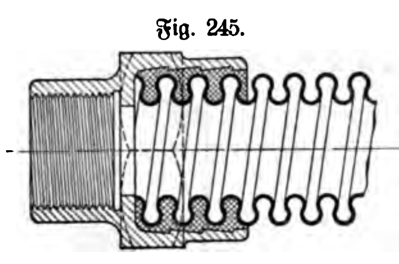
Fig. 240.

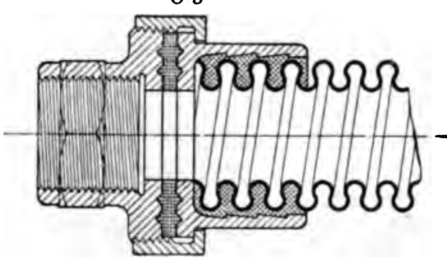


24. Die Druckwasserleitung. Der Druck der Karlsruher Wasserleitung beträgt nur 2 Atm. Für manche Versuche ist es indes wünschenswert, über höheren Wasserdruck zu verfügen. Ich benutze deshalb außer der gewöhnlichen Leitung noch eine weitere, welche in Verbindung steht mit einem sogenannten hydraulischen Akkumulator (Fig. 241) [bezogen von der Maschinen- und Armaturfabrik vormals Klein, Schanzlin und Becker in Frankenthal (Pfalz)] [1]), welchem unter Zwischenfügung zweier parallel geschalteter geräumiger Windkessel von zusammen 0,5 cbm Inhalt das Wasser von einer durch den Gasmotor betriebenen Plunger-Speisepumpe (Fig. 242) (von derselben Firma bezogen) zugeführt wird. Steigt der Kolben des Akkumulators über eine bestimmte Höhe, so öffnet sich selbsttätig ein Hahn und läßt den Überschuß des Wassers austreten. Je nach der aufgelegten Belastung können verschiedene Drucke bis zu 10 Atm. konstant erhalten werden. Der Akkumulator steht auf Rollen und läßt sich in das Auditorium schieben. Die Fortleitung des Druckwassers erfolgt in Eisenröhren oder durch biegsame Metallrohre. Die letzteren müssen dabei durch solide Muffen oder durch Verschraubungen

[1]) Eine Pumpe für 10 Atm. Druck und 6 cbm stündliche Leistung kostet 500 Mk. Gebraucht man nur kleine Wassermengen von hohem Druck, so kann dazu eine gewöhnliche Hand-Kesselspeisepumpe, Fig. 243, dienen. (Nach Abbildung zu beziehen von Sonnenthal jun., Berlin.) Andere Bezugsquellen von Pumpen sind z. B. W. Garvens, Maschinenfabrik in Wülfel vor Hannover; H. A. Hülsenberg, Maschinenfabrik, Freiberg in Sachsen (Pumpen mit elektrischem Antrieb); Gebr. Benckiser, Eisenwerke Pforzheim; Friedr. Pemsel, Maschinenfabrik, Nürnberg; Deutsche Waffen- und Munitionsfabriken, Karlsruhe; G. Chr. Braun, Maschinenfabrik, Nürnberg. Weise u. Monski, Halle a. d. S. liefern elektrisch betriebene Pumpen, ebenso E. Paschke u. Co., Maschinenfabrik, Freiburg i. S. und Armaturen- und Maschinenfabrik, Akt.-Ges., J. A. Hilpert,

Fig. 241.


Fig. 245.


Fig. 246.

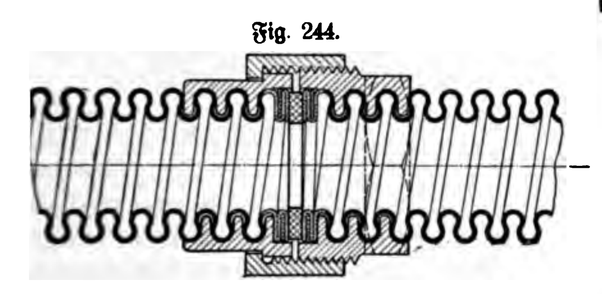
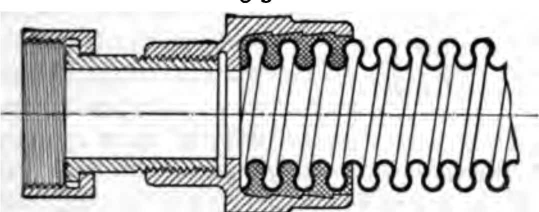
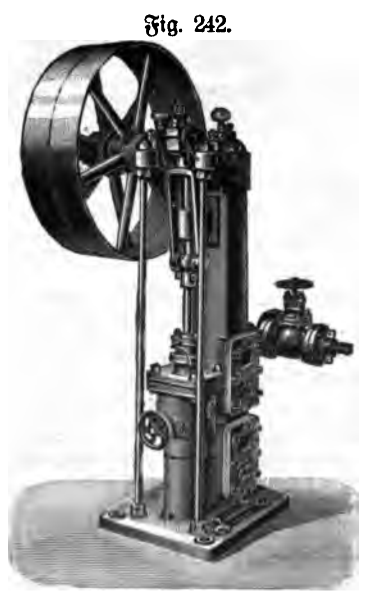
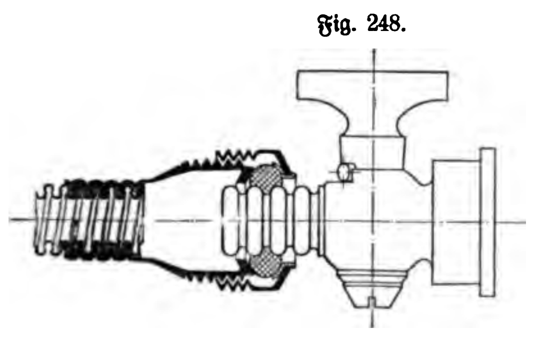

Fig. 244.


Fig. 243.


Fig. 247.


Fig. 242.


Fig. 248.

(Fig. 244) verbunden werden. Muffen zum Anschluß an Eisenrohr zeigen die Figg. 245 bis 247; die Befestigung an einem Hahn Fig. 248.

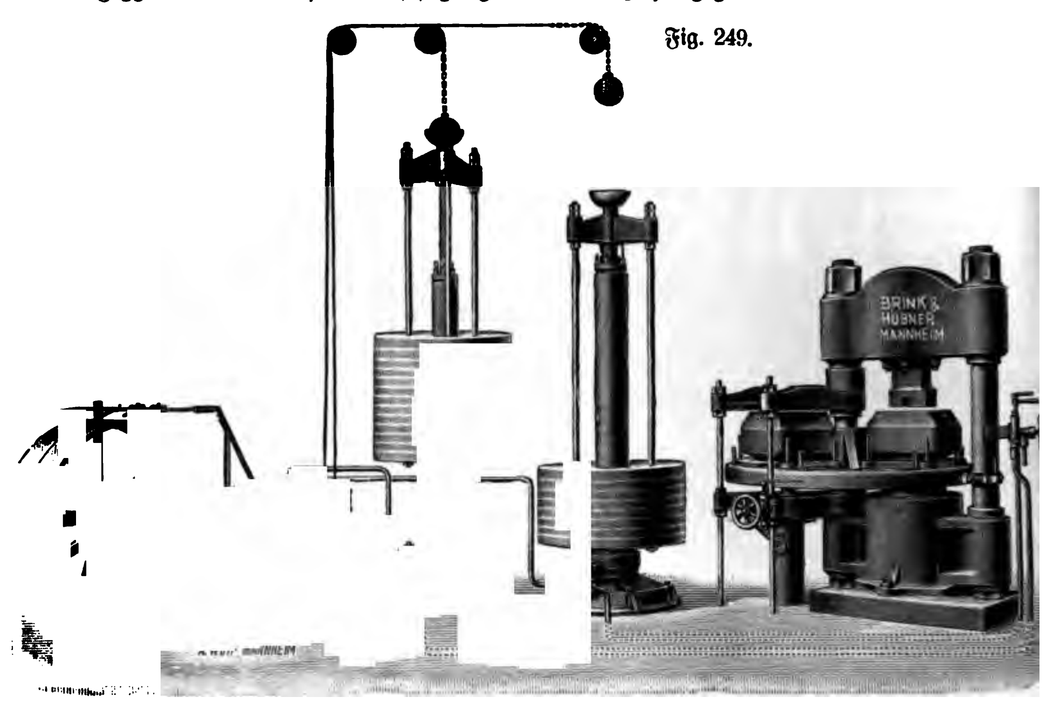


Fig. 249.

Fig. 249 stellt eine Druckwasseranlage zum Betrieb einer hydraulischen Presse dar (zu beziehen von **Brinck** u. **Hübner** in Mannheim).



Fig. 250.

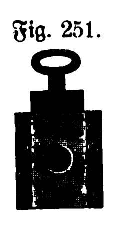


Fig. 251.

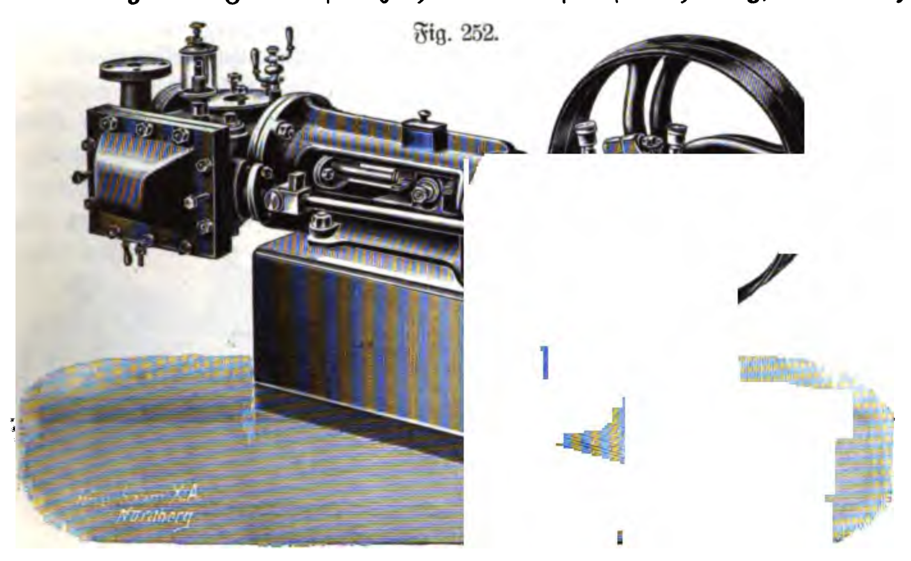
25. Die Niederdruckwasserleitung. Für Versuche, welche große Wassermengen von geringem Druck erfordern, empfiehlt sich die Anwendung einer mit Elektromotor betriebenen **Zentrifugalpumpe**[1]), welche dieselbe Wassermasse beständig aus einem Behälter heraus und in einen anderen hineinpumpt. Zum Drosseln und Absperren einer solchen Niederdruckleitung sind Hähne nicht zu verwenden, da sie zu große Dimensionen haben müssen, man verwendet dazu Schieber wie Fig. 251.

Nürnberg. Speziell für hydraulische Pressen geeignete Pumpen liefern **Carl Hasse** u. **Wrede**, Werkzeugmaschinenfabrik, Nürnberg, Fennstraße 21 b; die **Osnabrücker** Maschinenfabrik **R. Lindemann** u. **E. Laeis**, Maschinenfabrik in Trier. **Hydraulische Pressen** liefert z. B. **Lorenz**, Maschinenfabrik in Ettlingen. **Ledermanschetten** sind zu beziehen von **C. Otto Gehrkens** in Hamburg, Gr. Reichenstr. 53. **Metalldichtungsringe** für höchsten hydraulischen Druck liefert **M. M. Bach**, Charlottenburg, Leibnizstr. 28. — [1]) Ich benutze eine Zentrifugalpumpe von der Armaturenfabrik vormals **Klein, Schanzlin** und **Becker** in Frankenthal (Pfalz). Ähnliche Pumpen liefern **Bopp** und **Reuther**, Maschinen- und Armaturenfabrik, Mannheim; solche mit elektrischem Antrieb

26. Die Druckluftleitung. Zur Erzeugung komprimierter Luft dient ein Kompressor mit Schiebersteuerung ähnlich einer Dampfmaschine (Fig. 252 [1]), welcher durch den Gasmotor oder nach Bedarf auch durch einen Elektromotor angetrieben werden kann. Derselbe kann mit einem Windkessel von 0,5 cbm Inhalt verbunden werden und ist im stande, die Luft auf acht Atmosphären zu komprimieren.

Auf die Saugöffnung ist ein Korb aus engmaschigem Drahtnetz aufgesetzt, um das Eindringen von Fremdkörpern zu hindern. Dieser ist auch nötig, damit nicht

Fig. 252.



jemand unvorsichtigerweise die Hand auf die Saugöffnung legt, wobei sie vom Luftdruck durchgedrückt werden könnte.

Der Kompressor ist mit zwei Riemscheiben versehen, um die Tourenzahl eventuell verdoppeln zu können. Bei konstanter Betriebskraft kann dann der Druck natürlich nur auf die Hälfte gebracht werden. Um irgend einen Druck längere Zeit konstant zu erhalten, wird das Gewicht des Sicherheitsventils am Windkessel entsprechend gestellt. Der Überschuß an Luft entweicht durch das Ventil.

Die Druckluftleitung besteht aus $1^1/_2$zölligem Eisenrohr und führt in die Versenkung unter dem Auditorium. Auf den Hahn ist ebenso wie beim Wasserhahn

---

Fig. 251) C. und E. Fein, Elektrische Fabrik, Stuttgart. Statt der Zentrifugalpumpen önnen auch rotierende Pumpen gebraucht werden, wie solche zu beziehen sind von Raeher, Maschinenfabrik, Chemnitz, Beckerstr. 31; Enke, Maschinenfabrik, Schkeuditz bei Leipzig; J. A. Hilpert, Nürnberg; Beck und Rosenbaum Nachfolger, Darmstadt. —

[1]) Ich benutze einen Kompressor, System Burkhardt und Weiß, bezogen von Klein, Schanzlin und Becker, Maschinenfabrik in Frankenthal in der Pfalz (Preis 1500 Mk.). Andere Bezugsquellen sind: Bopp u. Reuther in Mannheim; Wegelin u. Hübner, Maschinenfabrik, Halle a. d. S. (Kompressoren für alle Drucke mit 1-, 2- und 3-stufiger Kompression); G. A. Schütz, Wurzen i. S., Maschinenfabrik; Schuchart u. Schütte, Berlin C.; G. Hoppe, Maschinenbauanstalt, Berlin N., Gartenstr. 9 bis 12, (Luftkompressoren mit elektrischem Antrieb); Ingersoll-Sergeant, G. m. b. H. Berlin C. 2 Kompressoren für 1 bis 200 Atm. Druck); Rud. Meyer, Maschinenfabrik, Mühlheim-Ruhr. Preßluftwerkzeuge sind zu beziehen von de Fries u. Co., Akt.-Ges., Düsseldorf; D. Glaenzer u. Perreaud, Paris, Av. de la République und Chas. G. Eckstein, Berlin C., Spandauerstr. 16 bis 17.

eine Stange aufgesetzt, welche in der Nähe der Wand unter dem Fußboden in einen Zapfen endigt, der durch einen Stockschlüssel umgedreht werden kann [1]).

Ein großes Manometer (von Schäffer und Budenberg, Magdeburg) an der Wand gestattet, den Druck in der Leitung zu kontrollieren.

Die Leitung endigt unter dem Fußboden in Verschraubungen, in welche wie bei der Wasserleitung Standrohre eingesetzt werden können.

Fig. 253.



Auch das bewegliche Rohr, Fig. 10, S. 23, kann an diese Leitung angeschlossen werden, statt an die Wasserleitung, nachdem es zuvor durch Öffnen des Ablaßhahns von Wasser befreit ist.

Zuweilen ist es erwünscht, die Luft unter konstantem Druck

Fig. 254.



Fig. 255.



ausströmen zu lassen. Hierzu benutze ich ein Druckreduzierventil von Klein, Schanzlin und Becker, Frankenthal [2]).

Um Druckluft auch an Stellen benutzen zu können, wo sich keine Leitung befindet, benutze ich große, auf Rollen stehende eiserne Kessel für Druck bis 3 und bis 10 Atm. Einen Kessel erster Art mit Pumpe für Handbetrieb zeigt Fig. 253, E, 450.

Um den allmählich von 3 Atm. gegen 0 abnehmenden Druck auf konstantem Wert von wenig Zentimeter Wasserhöhe zu reduzieren, gebrauche ich einen entsprechend belasteten Kautschuksack, welcher, indem er sich füllt und aufbläht, den Hahn zudreht.

Soll die Druckluft trocken sein, wie es z. B. zum Füllen der Hochdruckinfluenzmaschine erforderlich ist, so kann man die angesaugte Luft zunächst durch große Flaschen (Schwefelsäureballons) leiten, welche etwa zu ein Drittel ihrer Höhe mit konzentrierter Schwefelsäure gefüllt sind [3]).

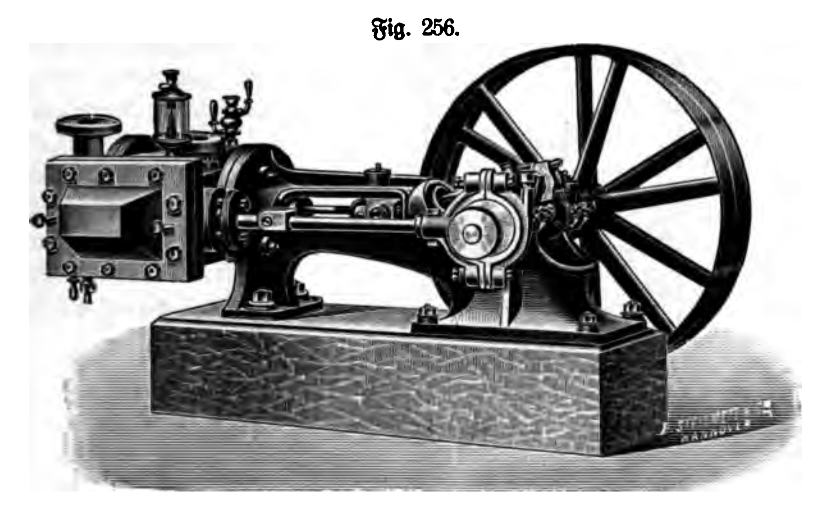
Sehr hohe Drucke bis 150 Atm. erzeuge ich mit einer durch Motor betriebenen Nattererschen Pumpe mit guter Kühlung, welche die Luft in Stahlflaschen preßt, wie sie zur Aufbewahrung komprimierter Gase dienen [4]).

---

[1]) Die Hähne sind sogenannte selbstdichtende, d. h. sie besitzen den Griff am dünneren Ende des Zapfens, wie Fig. 254 zeigt, so daß die Dichtung mit zunehmendem Druck zuverlässiger wird. — [2]) Chr. Salzmann, Leipzig, liefert ein Reduzierventil, das jeden beliebigen Druck absolut sicher [bis auf $^1/_{20}$ Atm. reduziert und bei Überdruck selbsttätig abschließt. — [3]) Zweckmäßiger ist Beseitigung der Feuchtigkeit durch Abkühlung unter Anwendung eines Schlangenrohres, welches in einer Kältemischung liegt. (Vergl. auch § 31.) — [4]) Stahlflaschen für hochgespannte Gase liefert Phoenix, Akt.-Ges., Laar b. Ruhrort; Ventile dazu, vollständig aus Metall hergestellt, das Berliner Kohlensäurewerk Dr. M. Stern, Berlin-Charlottenburg, Salzufer 8.

27. **Die Vakuumleitung.** Der Kompressor kann auch als Schieberluftpumpe (Fig. 256) benutzt werden, und wirkt als solche so gut, daß für die gewöhnlichen Luftpumpenversuche keine andere Luftpumpe nötig ist [1]). Die Saugleitung (aus $1^1/_2$ zölligem Gasrohr bestehend) endigt, wie die Gasleitung, unter dem Fußboden in konisch erweiterten Fassungen, in welche entsprechend geformte Einsatzröhren gesetzt werden können, auf welche mittels einer Verschraubung in der Regel direkt die Luftpumpenteller aufgesetzt werden. Der Hahn ist ebenso wie der der Wasser- und Gasleitung eingerichtet. An dem Einsatzrohr befindet sich ein kleinerer seitlicher Hahn, um nach dem Versuche Luft in den Rezipienten einlassen zu können. Da bei Gebrauch großer Rezipienten (Fig. 255) — ich verwende gewöhnlich solche von 30 cm Durchmesser und 60 cm Höhe [2]) — selbst bei raschem Gange der Schieberluftpumpe, das Evakuieren zu viel Zeit beanspruchen würde, so sind an die Saugleitung noch fünf je etwa

Fig. 256.



$^1/_3$ cbm haltende Vakuumkessel (Vierpressionskessel) angesetzt, welche durch Hähne nach Bedarf ein- oder ausgeschaltet werden können. Diese Kessel werden bereits vor der Vorlesung evakuiert und der Vorrat an Vakuum kann ausreichend sein, um überhaupt ohne Luftpumpe zu arbeiten. In der Regel bleibt diese aber dauernd im Gange und stellt das Vakuum in den Kesseln beständig wieder her [2]). Der Druck in der Leitung wird an einem großen an der Wand befestigten Federmanometer (von Schäffer und Budenberg in Magdeburg) abgelesen. Zur Verbindung der Vakuumleitung mit einem zu evakuierenden Apparate, z. B. einem Kessel, eignen sich besonders die biegsamen Metallrohre der Karlsruher Metallpatronenfabrik, da Schläuche durch den Luftdruck zusammengedrückt und Bleirohre zu leicht zerknickt und verbeult werden.

---

[1]) Schieberluftpumpen sind zu beziehen von Wegelin u. Hübner, Maschinenfabrik, Halle a. d. S. Neuerdings liefern Klein, Schanzlin u. Becker, Maschinen- und Armaturenfabrik, Frankenthal (Rheinpfalz) 2-stufige Schieberluftpumpen, für welche selbst bei nur 130 mm Cylinderdurchmesser und 130 mm Hub ein Vakuum von $^1/_2$ mm Quecksilber garantiert wird. — [2]) Große Vakuumkessel sind zu beziehen von E. Paßburg, Berlin NW., Brückenallee 33. Große Rezipienten aus Glas liefern Warmbrunn, Quilitz u. Co., Berlin C., Rosenthalerstr. 40; Sievert u. Co., G. m. b. H., Dresden, Winckelmannstr. 1; Fr. Siemens u. Co., Akt.-Ges., Dresden, u. a.

28. Die Gasometerleitung. Vor oder unter dem Auditorium wird ein größerer Glockengasometer[1]) aufgestellt — ich benutze einen solchen von etwa $^1/_4$ cbm Inhalt — welcher mit einer einzölligen Leitung verbunden ist, die in der Nähe des Experimentiertisches unter dem Boden in ein konisches Endstück ausläuft, um dort passende Einsteckröhren aufsetzen zu können. Ein kleinerer Hahn mit Schlauchansatz befindet sich ferner beim Projektionsmikroskop.

Die Glocke des Gasometers ist mit einem 40 cm hohen Rande versehen, so daß sich die Belastung in einfacher Weise durch Wasser bewirken läßt, welches man in den von diesem Rande und dem Deckel der Glocke gebildeten Trog einströmen läßt. Meist wird der Gasometer nur für Luft gebraucht, welche durch ein enges Rohr aus dem Windkessel des Kompressors zugeleitet wird. Durch ein passendes Gestänge ist dafür gesorgt, daß, sobald die Glocke über die zulässige Höhe steigt, der Hahn dieser Zuleitungsröhre abgesperrt oder ein Ventil an der Gasometerglocke geöffnet wird.

Fig. 257.

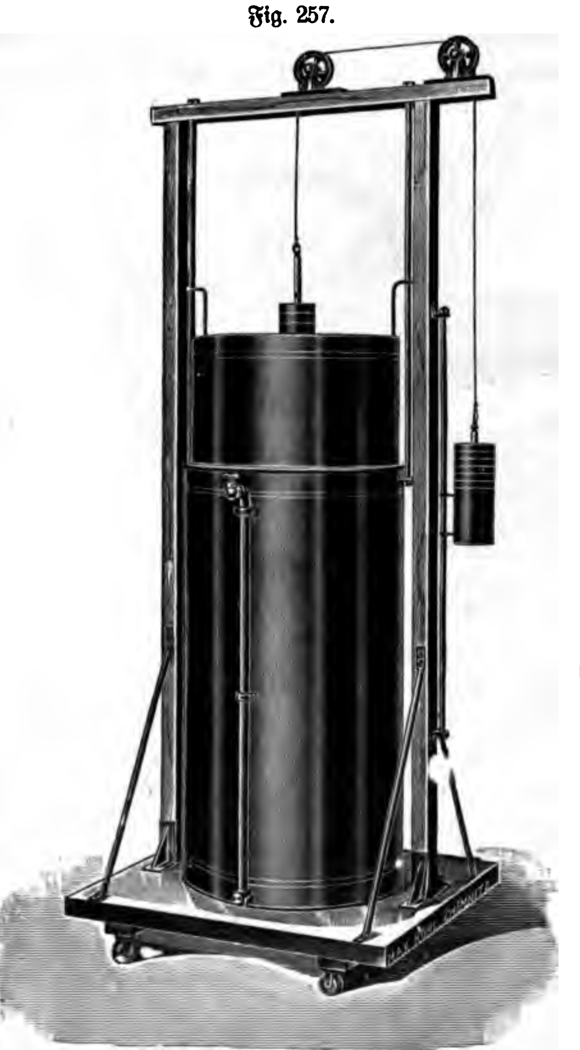
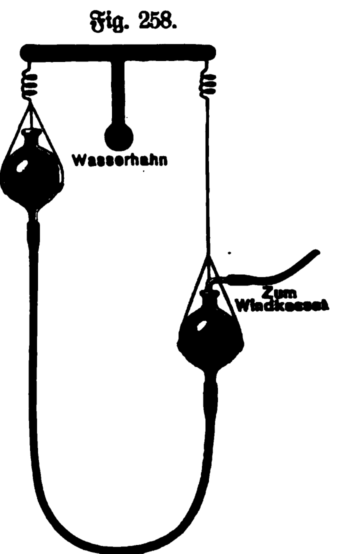


Fig. 258.



Die Vorrichtung stellt im ersteren Falle eine Art Druckreduzierventil dar. Der Druck im Windkessel kann allmählich von 8 auf 0,1 Atm. herabgehen, die Gasometerleitung liefert trotzdem gleichmäßigen Wind von 40 cm Wasserdruck, was für manche Versuche — namentlich akustische — von besonderem Werte ist, da das Orgel-

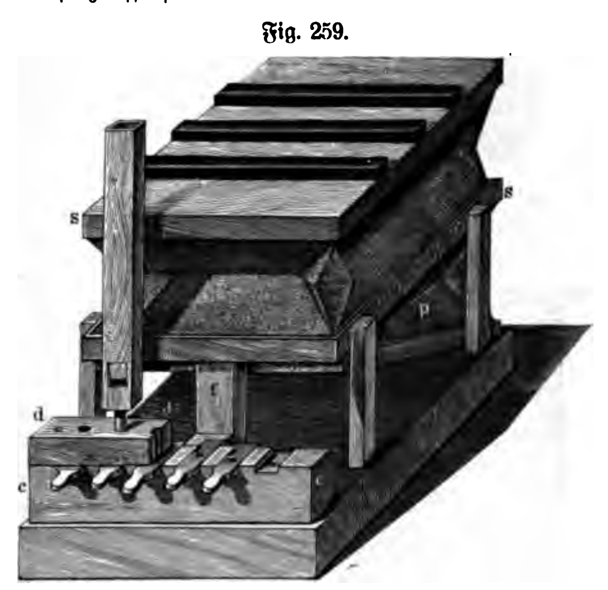
[1]) Zu beziehen von den Luxschen Industriewerken, Akt.-Ges., Ludwigshafen a. Rh.

gebläse nur einen Druck von etwa 8 cm erzeugt. Durch Veränderung der Wasserbelastung des Gasometers — wozu ein Ablaßhahn angebracht ist — kann man natürlich auch — bis zu einer gewissen Grenze — beliebige kleinere Drucke herstellen.

Um für den Fall, daß nur wenig Luft gebraucht wird, den Kompressor nicht in Tätigkeit setzen zu müssen, ist die Glocke auch mit einer Aufzugvorrichtung versehen, welche ermöglicht, sie mit einer starken Winde bei geöffnetem Hahn aufzuziehen. Schließt man dann den Hahn, so ist die Glocke mit Luft gefüllt und vermag für einige Zeit ein Gebläse zu speisen.

Eine andere Füllungsart ist die S. 35 erwähnte mittels des Wassergebläses, welches durch einen dünnen Schlauch mit einem Quecksilbermanometer nach Fig. 258 in Verbindung steht, dessen Gefäße an einer mit dem Hahnzapfen des Wassergebläses verbundenen Wippe hängen. Eine andere Ausführungsart entspricht der Regulierung bei Fig. 250, S. 128.

Fig. 259.



29. Die Windleitung. Zur Erzeugung von Wind, wie er für akustische Versuche notwendig ist, dient

Fig. 260.



ein großes Orgelgebläse von ähnlicher Einrichtung wie der in Fig. 259 dargestellte kleine Blasebalg [1]).

Fig. 261.



Von dem Gebläse aus ist eine Rohrleitung, bestehend aus verzinktem Eisenblech von 10 cm Weite unter den Fußboden des Auditoriums geführt und endigt dort an verschiedenen Stellen in schlank konischen Fassungen, welche gewöhnlich mit hölzernen Deckeln bedeckt sind. Beim Gebrauch wird der Deckel abgenommen und ein Standrohr von der dem speziellen Zwecke entsprechenden Form eingesteckt. Auch in der Wand des Auditoriums befindet sich eine solche Fassung (in der Nähe des Fensters rechts). Sie ist mit einem Flansch versehen, auf welchem gewöhnlich ein passender Deckel aufgeschraubt ist. Im Gebrauchsfalle wird dieser durch ein Rohr mit entsprechendem Flansch ersetzt. Der Blasebalg, welcher sich unmittelbar vor dem Auditorium (in der Nähe der Decke) befindet, oder in der Versenkung, wird vom Auditorium aus von Hand betrieben, könnte aber auch (für länger dauernde Versuche mit Gebläsewind) von der Transmission aus oder durch einen besonderen Elektromotor betrieben werden.

Fig. 262.

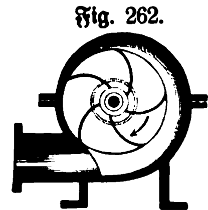


Fig. 263.



Um einzelne Zweige der Leitung abzusperren, können Schieber benutzt werden, ähnlich denjenigen, welche bei Wasserströmen von niedrigem Druck gebraucht werden. Sie werden gewöhnlich aus Holz hergestellt und nötigenfalls durch Leder gedichtet.

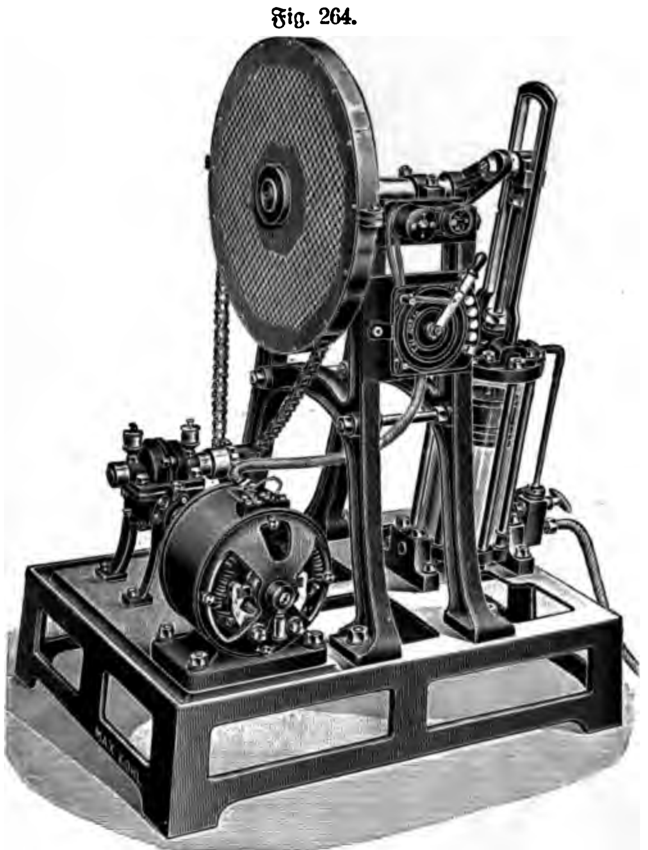
[1]) Das von mir verwendete Gebläse ist bezogen von der Kirchenorgelfabrik von Voit in Durlach. Es ist etwa 2 m lang, 1 m breit und 1 m hoch. Fig. 260 zeigt einen kleinen transportablen Blasebalg (E, 46), Fig. 261 einen größeren mit besonders leistungsfähigem Windkasten. Der Schlauchansatz *C* kann bei *A* oder *B* eingesetzt werden. (Zu beziehen von Leybolds Nachf., Köln.)

An Stelle des Blasebalgs könnte, wenn es sich nicht speziell um akustische Versuche handelt, auch ein mit einem Elektromotor direkt gekuppelter **Ventilator**[1]) (Fig. 262) oder ein **Kapselgebläse**[2]) (Fig. 263) gebraucht werden. Bei akustischen Versuchen ist indes das Geräusch solcher Apparate allzu störend.

Ein Abzweig der Windleitung könnte auch zu den Projektionsapparaten geführt werden, um in einfacher Weise die Linsen zu kühlen.

30. **Die Luftpumpenleitung.** Wasserluftpumpe und Kompressor als Saugpumpe benutzt, genügen für die meisten Versuche, welche eine Luftpumpe erfordern, sind aber unzureichend, z. B. für die Demonstration der Entladungen im Vakuum. Aus diesem Grunde ist noch eine zweite Vakuumleitung vorgesehen, welche ganz aus miteinander verschmolzenen Glasröhren besteht und an die außerhalb des Auditoriums stehende, durch einen Elektromotor betriebene große (**Staudinger**sche) Kolbenluftpumpe angesetzt werden kann. Noch besser als diese würde sich wohl eine der Pumpen Figg. 264 (Pumpe von **Deleuil**, K, 1050) oder 265 (rotierende Pumpe, auch als Gebläse zu verwenden, K, 320) eignen und ganz besonders eine größere **Geryk**-(Öl-)**Luftpumpe**[3]) (Fig. 266), welche angeblich ein Vakuum von 0,0002 mm erzeugen soll. Selbsttätige Quecksilberluftpumpen evakuieren zu langsam und ihre Wirkung kann nicht voll ausgenutzt werden, weil bei höheren Verdünnungsgraden die Reibung der Luft in der Rohrleitung so großen Einfluß gewinnt, daß selbst centimeterweite Röhren sich als ungenügend erweisen. Das Ansetzen der Apparate an die Leitung erfolgt durch Glasschliffe. Bei nicht allzu großen Anforderungen kann man übrigens statt der Glasleitung recht wohl eine Leitung von Wasserbleirohr von etwa 13 mm lichter Weite verwenden, welche in messingene Ver-

Fig. 264.



[1]) Zu beziehen von **Sonnenthal**, Berlin C., Neue Promenade 6 (16 bis 660 Mk.). — [2]) Zu beziehen von **Sonnenthal**, Berlin C., Neue Promenade 6, von 68 Mk. an. — [3]) Zu beziehen von **Arthur Pfeiffer** in Wetzlar.

schraubungen ausläuft. Um ganz sicher zu gehen, kann man diese Leitung
ihrer ganzen Länge mit einem weichen Firnis (Leinölfirnis mit Kolophonium)

Fig. 265.

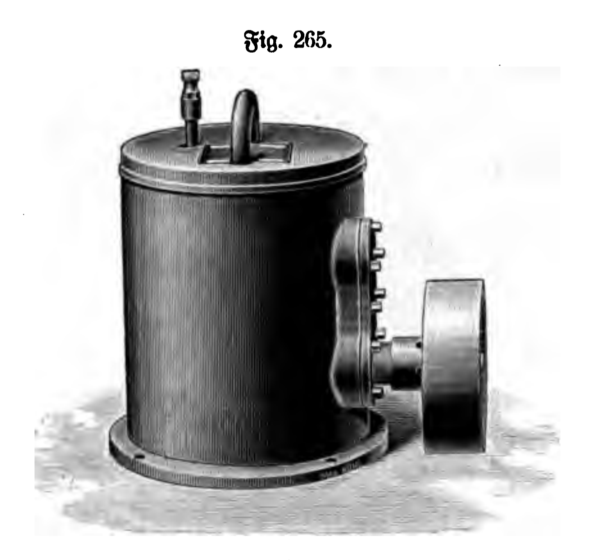


Fig. 267.

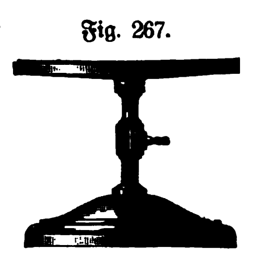


Fig. 266.



Fig. 268.



streichen, welcher sicher alle etwa vorhandenen Poren zustopft. Die Kon
verschraubungen, an der Leitung sowohl wie an den zu evakuierenden Appara

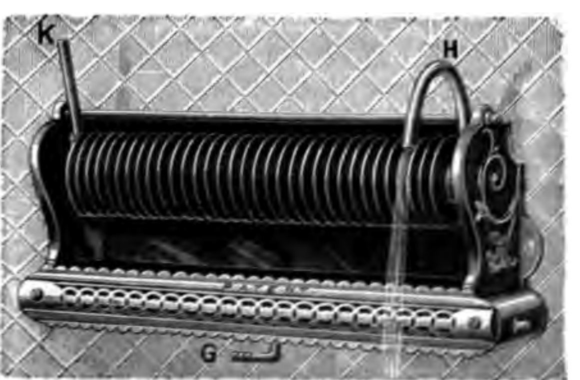
werden mit Wachs gedichtet [1]). Für geringere Verdünnungsgrade sind Teller auf Fuß (Fig. 267, Lb 24) mit Schlauchansatz gebräuchlich. Für kleinere Verhältnisse eignen sich kleine Gerykpumpen, sowie leicht transportable Quecksilberluftpumpen nach Spies (Fig. 268, K, 140).

31. **Die Warmwasserleitung.** Bei manchen Versuchen wird ein konstanter Strom von warmem Wasser erforderlich, dessen Temperatur sich rasch innerhalb weiter Grenzen ändern lassen muß. Steht Dampf zur Verfügung, so kann man sich einen solchen Warmwasserstrom leicht verschaffen, indem man das Wasser der Wasserleitung durch ein Blechgefäß hindurchströmen läßt, in dessen Innerem sich eine Dampfschlange befindet, d. h. ein spiralförmiges Metallrohr, durch welches Dampf hindurchströmt. Bei der großen latenten Wärme des Wasserdampfes erhitzt sich das Wasser selbst bei ziemlich starkem Strom bis zum Sieden und man hat es in der Gewalt, durch passende Regulierung des Dampfhahns jede gewünschte Temperatur herzustellen.

Fig. 269.



Fig. 270.



Steht Dampf nicht zur Verfügung, so kann man das Wasser durch ein Schlangenrohr leiten, welches auf einem kleinen Gasherde liegt, wie z. B. Fig. 269 zeigt [2]), oder kann den analog konstruierten Apparat von Fletscher [3]) (Fig. 270) benutzen. Die Firma Muencke (Berlin NW., Luisenstr. 58) liefert einen [illegible] Warmwasserapparat dieser Art nach Fig. 271. Bei a findet die Gaszuführung, bei b Eintritt des kalten Wassers statt. Diese beiden Stellen a und b sind mit Hähnen versehen, um mittels dieser sowohl die Menge des einströmenden Gases, als auch den Wasserzufluß ein für allemal zu regeln. c ist ein Entzündungsflämmchen, welches stets brennt, d und e sind Hähne, die durch Hebel f gleichzeitig geöffnet und geschlossen werden können. Die Abbildung zeigt die beiden Hähne geschlossen, durch Hinüberdrücken des Hebels nach rechts werden sie geöffnet,

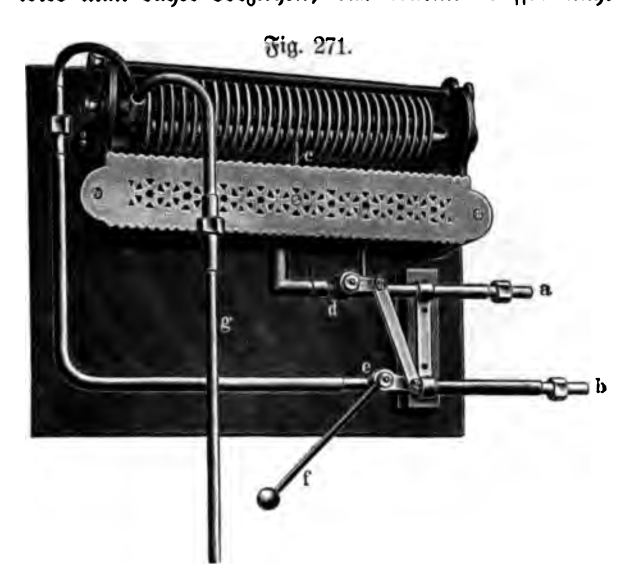
---

[2]) [illegible] liefert Paul Schochert in Bischofswerda. — [3]) Nach einem Apparat zu beziehen von Dr. Bender und Dr. Hobein, München, Gabelsbergerstr. 75a (Preis [illegible] M.). — [1]) Zu beziehen von Leybolds Nachf., Köln.

das Gas entzündet sich sofort und in denkbar kürzester Zeit erhält man warmes Wasser aus Röhre *g*.

Um größere Mengen von warmem Wasser zu bereiten, empfehlen sich die Wasserstromheizapparate, bei denen das Wasser in Form von feinem Sprühregen durch die aufsteigenden Flammengase geleitet wird [1]). Freilich ist bei diesem Verfahren der Gasverbrauch ziemlich beträchtlich und für länger dauernde Versuche wird man daher vorziehen, das warme Wasser nicht ablaufen zu lassen, sondern durch eine Pumpe wieder in den Behälter, aus dem es kam, zurück zu pumpen. Die Pumpe, welche in der Versenkung aufgestellt sein kann, wird durch irgend einen Motor, am bequemsten einen Elektromotor, getrieben. Bei Versuchen über Dampfspannungen, Wärmeausdehnung, Änderung des elektrischen Leitungsvermögens mit der Temperatur u. s. w., kurz in allen Fällen, wo eine längere Röhre, ein Stab u. s. w. auf konstanter, an allen Stellen gleichmäßiger Temperatur gehalten werden soll, habe ich diese Einrichtung sehr brauchbar gefunden. Man muß dabei nur auf möglichste Reinheit des Wassers achten, da kleine, in demselben enthaltene Körperchen, Metallspänchen, Stückchen Kitt von den Rohrverbindungen, Unreinigkeiten aus Kautschukschläuchen sich in den Ventilen der Pumpe festsetzen und den Gang derselben stören. Die Ventile der Pumpe müssen sich deshalb leicht herausnehmen und reinigen lassen und die Druckröhre muß vor dem Eintritt in die Pumpe mit einem Hahn abgeschlossen werden können, um bei dem Ausnehmen der Ventile nicht durch das aus dem Kessel zurückströmende Wasser belästigt zu werden. Die Saugröhre muß genügend weit sein, um ebenso viel Wasser zu fördern, als in der gleichen Zeit von der Pumpe durch das Druckrohr hindurchgepreßt werden kann.

Fig. 271.



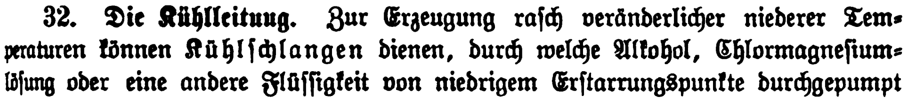
Das vom Experimentiertisch zurückkommende gebrauchte Wasser ergießt sich zunächst in ein offenes Gefäß und wird beim Niedergang des Pumpenkolbens aus diesem aufgesogen, um dann bei der Rückbewegung desselben durch das Druckrohr wieder in den Kessel zurückbefördert zu werden. Das Gefäß hat zweckmäßig die Form einer den Cylinder umgebenden Rinne, damit sich alles Wasser, das etwa (namentlich bei Anwendung starker Drucke) zwischen Cylinderwand und Kolben durchrinnt, darin sammeln kann. Es mag noch erwähnt werden, daß man zur

[1]) Zu beziehen von J. G. Houben Sohn, in Aachen. Auch die Gasbadeöfen von Schaeffer und Walker, Akt.-Ges., Berlin SW., Lindenstr. 18; sowie die Apparate von Junkers u. Co., Dessau, können eventuell Anwendung finden.

Kolbendichtung nicht etwa Leder verwenden darf, da sich dieses in warmem Wasser stark zusammenzieht. Die zuverlässigste Liderung ist Metallliderung, doch läßt sie ziemlich erhebliche Quantitäten Flüssigkeit durchsickern, was aber bei der getroffenen Anordnung nicht weiter schadet.

Fig. 272.

Die Konstruktion der Metallliderung zeigt Fig. 272. Auf den Kolben sind schräg geschlitzte federnde Metallringe aufgeschoben, welche vor dem Aufschlitzen abgedreht und geschliffen wurden. Die Schlitze müssen gegeneinander versetzt, auch muß diese Lage der Ringe durch Stifte im Kolben gesichert werden.



32. Die Kühlleitung. Zur Erzeugung rasch veränderlicher niederer Temperaturen können Kühlschlangen dienen, durch welche Alkohol, Chlormagnesiumlösung oder eine andere Flüssigkeit von niedrigem Erstarrungspunkte durchgepumpt wird, die gleichzeitig eine von einer Kältemischung umgebene Schlangenröhre zu durchlaufen hat [1]). Fig. 273 zeigt eine größere, vollkommenere von Wegelin und Hübner, Maschinenfabrik in Halle a. d. S., zu beziehende Kühlmaschine.



Fig. 273.

Vielleicht könnten zu diesem Zwecke mit Vorteil die Maschinen zur Erzeugung flüssiger Luft [2]), die sich in den meisten größeren physikalischen Instituten befinden, herangezogen werden. Eigene Erfahrungen besitze ich hierüber nicht. Störend bei solchen Versuchen ist jedenfalls die Kondensation der Luftfeuchtigkeit auf den Kühlröhren. Auch ist die Bedienung der Kühlmaschinen sehr umständlich, falls sie nicht konstant in Betrieb bleiben [3]).

33. Die Leerleitung. Da es nicht möglich ist, jede Leitung an alle Orte zu führen, wo sie nötig ist, weil hierdurch allzu viel Platz in Anspruch genommen würde, benutze ich außer den genannten Leitungen noch leere Leitungen. Dieselben können je nach Bedarf durch bewegliche Verbindungsstücke mit irgend einer der beschriebenen Leitungen, z. B. Vakuum-, Druckluft- oder Dampfleitung verbunden werden, so daß man trotz der geringen Zahl von Leitungen beim Experimentier-

[1]) Chlormagnesium liefert: Concordia, Chemische Fabrik, Leopoldshall-Staßfurt. — [2]) Siehe Olszewski, Annalen d. Physik 10, 768, 1903 u. O. Kausch, Die Herstellung und Verwendung flüssiger Luft, Weimar, C. Steinert, 1902. — [3]) Siehe H. Lorenz, Neuere Kühlmaschinen, ihre Konstruktion, R. Oldenbourg, München 1896; Alois Schwarz, Eis- und Kühlmaschinen, R. Oldenbourg, München. Kühlmaschinen liefern: A. Borsig, Maschinenfabrik, Berlin-Tegel; Adolf Bäuerle, Maschinenfabrik, Kirchheim-Teck (Württemberg); Aktien-Maschinenbauanstalt vormals Venuleth und Ellenberger, Darmstadt (Ammoniak und Kohlensäure); Maschinenfabrik Germania, vorm. J. S. Schwalbe u. Sohn, Chemnitz i. S. (Ammoniakkompressionssystem); G. Kuhn, Stuttgart-Berg; Maschinenbauanstalt Humboldt, Kalk bei Köln; Niederlausitzer Maschinenfabrik vorm. Conrad Baentsch, Sorau, Niederlausitz; L. Seybold, München, Lindwurmstraße 71; Johann Schaefer Söhne, Maschinenfabrik, Krefeld (System Linde); Escher, Wyß u. Co., Zürich (Kohlensäuremaschinen); Gesellschaft für Lindes Eismaschinen in Wiesbaden; Maschinenfabrik Eßlingen, Eßlingen (Württemberg) (Ammoniak); L. A. Riedinger, Maschinenfabrik, Augsburg (Kohlensäure); Schüchtermann und Kremer, Maschinenfabrik Dortmund (mit wasserfreier schwefliger Säure); A. Freundlich in Düsseldorf; Eulenburg, Moenting u. Co., Mühlheim a. Rh.; Dietrich u. Brackfieck,

tisch und an anderen Stellen dort alles zur Verfügung hat, was überhaupt an Leitungen zu Gebote steht.

Eine solche leere Leitung, bestehend aus einzölligem Rohr, zieht sich auch in den Raum über dem Auditorium, so daß man also z. B. aus dem Schlitz *ab* in der Decke (Fig. 8, S. 11) einen kräftigen Wasserstrahl, Luftstrahl oder Dampfstrahl herableiten kann, und zwar unter Benutzung derselben Hähne im Auditorium, die auch sonst gebraucht werden. Neben dieser weiten Leerleitung ist noch eine engere für Wassergebläse, Wasserluftpumpe u. s. w. vorhanden.

Fig. 274.



34. Die Abzugleitung. Um größere Mengen von verbranntem Gas (z. B. bei Benutzung eines Gasmotors im Auditorium) oder von Dampf oder verschiedenartigen giftigen Gasen abzuleiten, muß ein Schornstein vorhanden sein, in welchem durch einen elektrisch getriebenen Ventilator oder durch eine Gasflamme künstlich Zug hervorgebracht wird. In denselben mündet eine Art Ofenröhre, welche sich unter dem Fußboden hinzieht und dort ähnlich wie die Abwasserleitung unter einem Deckel endigt. Der Schornstein kann aus 15 bis 20 cm weiten glasierten Tonröhren zusammengesetzt werden und wird in der Mauer verborgen. Am unteren Ende, nahe über der Eintrittsstelle des vom Tische kommenden Rohres, befindet sich eine Erweiterung, welche durch ein dicht schließendes Türchen (mit Glasfenster) zugänglich ist. In dieser befindet sich der Ventilator oder Gasbrenner. In dem Türchen muß notwendig ein Glasfenster angebracht werden, um das Brennen der Flamme kontrollieren zu können und auch um Vergessen des Wiederauslöschens zu vermeiden. Bei zu engen Röhren tritt leicht die bekannte Wirkung der sogenannten „chemischen Harmonika" in sehr störender Weise auf, wobei entweder ein anhaltender, durchdringender, höchst unangenehmer Baßton erzeugt wird oder die Flammen durch die Gewalt der Luftschwingungen ausgelöscht werden.

Fig. 275.

Beim Einleiten größerer Dampf- oder Abgasmengen muß in Betracht gezogen werden, daß ein Abfluß für das entstehende Kondensationswasser vorhanden sein muß.

Wird ein schon vorhandener Schornstein benutzt, so muß das Rohr mit einer Drosselklappe (Fig. 275) versehen sein, um im Falle des Nichtgebrauches den Eintritt von Luft verhindern zu können, da hierdurch der Zug im Schornstein, somit seine Brauchbarkeit für die anderen Zwecke, denen er dienen soll, beeinträchtigt würde.

35. Galvanometer- und Elektrometerleitung. Zu beiden Seiten des Schirmes *A* (Fig. 3, S. 11) sind Projektionsgalvanometer und Elektrometer

Bielefeld; C. G. Haubold jun., Maschinenfabrik, Chemnitz i. S. Eine kleine Eismaschine von G. Kuhn in Stuttgart-Berg zeigt Fig. 274. Isoliermaterialien für Kälteleitungen liefern: Hendschel u. Gutenberg, München, Bayerstr. 99; Allut, Noodt u. Meyer, Hamburg; Grünzweig u. Hartmann, Ludwigshafen a. Rh.; Wilh. Kempchen sen., Oberhausen i. Rhld.

angebracht. Ersteres ist ein Rosenthalsches Mikrogalvanometer (Fig. 276), letzteres ein Mascartsches Quadrantenelektrometer [1]). Das Licht wird von einer etwa bei P oder Q (Fig. 3) stehenden Bogenlampe [2]), deren Kohlenspitzen sich in einem engen Asbestgehäuse befinden, unter Vermittelung zweier Linsen auf den Galvanometerspiegel geworfen und gelangt von hier auf einen langen, schmalen, mit Pauseleinwand überzogenen Schirm, über welchen schwarze Schnüre als Teilstriche gezogen sind. Es wird auch bei nicht verfinstertem Zimmer ein heller, scharfer Lichtfleck, dem zwischen beiden Linsen befindlichen Diaphragma entsprechend, sichtbar, dessen Stellung sehr genau an der durch die schwarzen Schnüre dargestellten Teilung abgelesen werden kann. Der Schirm hängt an zwei Schnüren an der Decke und kann von unten aus aufgezogen oder herabgelassen werden. Verschiedene Vorrichtungen zum Festklemmen der Schnüre zeigen die Figg. 278, 279 und 280.

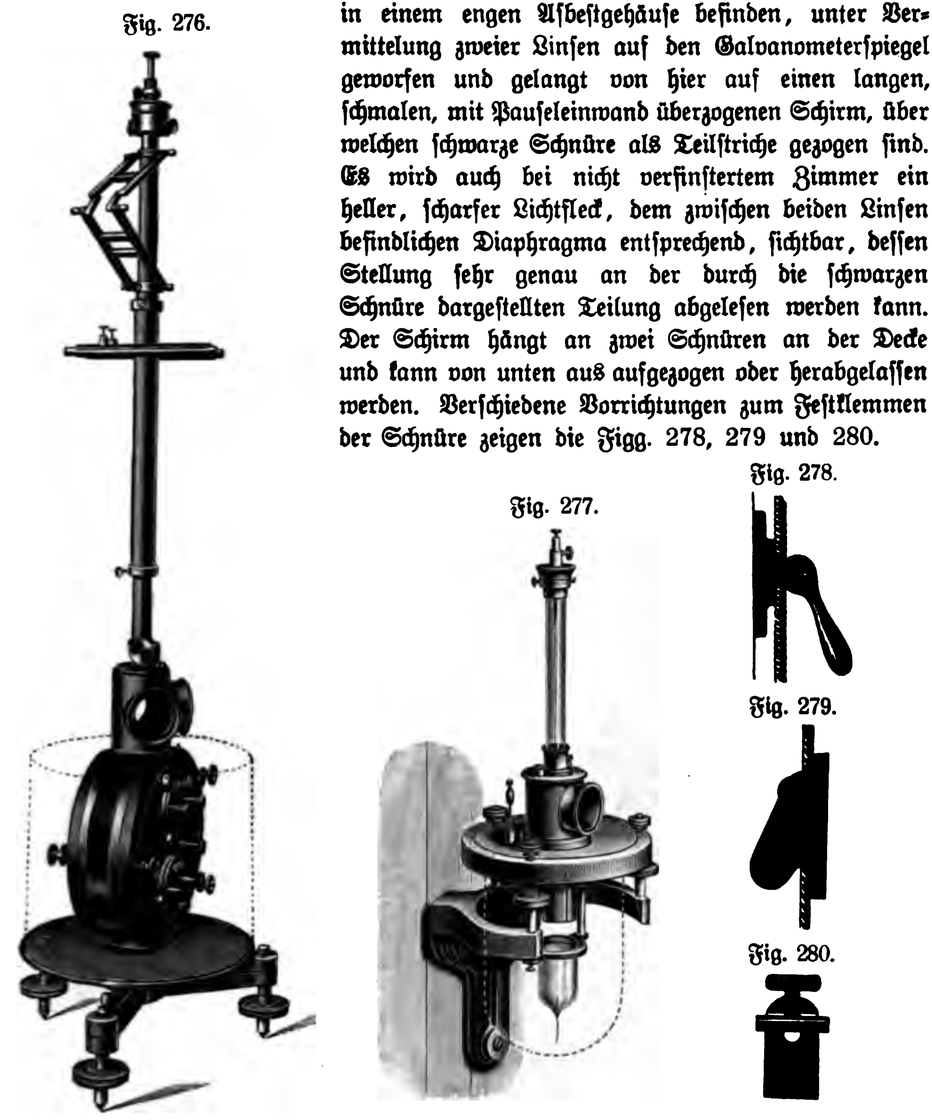


Fig. 276.

Fig. 277.

Fig. 278.

Fig. 279.

Fig. 280.

Die Ausschalter für die Lampen befinden sich natürlich auf dem Schaltbrett, sowie auch die Regulatoren zur Änderung der Lichtstärke, falls die Spannung nicht konstant sein sollte. Die Leitungen von Galvanometer und Elektrometer selbst sind dicht nebeneinander und vorzüglich isoliert zu einfachen Stöpsellöchern geführt, in welche beim Gebrauche Stöpselschnüre eingesetzt werden können, welche in mehr als 2 m Höhe über dem Boden über eiserne Stative mit Haltern aus Ebonit gezogen sind.

---

[1]) Fig. 277 zeigt eine abgeänderte Form nach Prof. Dr. Th. Edelmann in München. Dieselbe Firma liefert auch das Mikrogalvanometer (Fig. 276). — [2]) Zweckmäßiger wäre wohl eine Nernstlampe (zu beziehen von der Allgem. Elektrizitätsgesellschaft in Berlin).

Außerdem sind noch Stöpsellöcher auf dem Schaltbrett vorhanden, welche leicht an die anderen angeschlossen werden können und die Enden von Leitungen bilden, welche vorzüglich isoliert unter den Fußboden geführt sind und an verschiedenen Stellen, insbesondere neben dem Experimentiertisch herauskommen und dort ähnlich wie andere elektrische Leitungen in gewöhnlich zugedeckten, auf Ebonit befestigten konischen Hülsen endigen, in welche Messingrohrständer eingesetzt werden können. Meist ist es am bequemsten, diese verdeckten Leitungen zu gebrauchen, wobei die den Platz versperrenden Stative überflüssig werden; zuweilen ist dies aber nicht möglich,

Fig. 281.

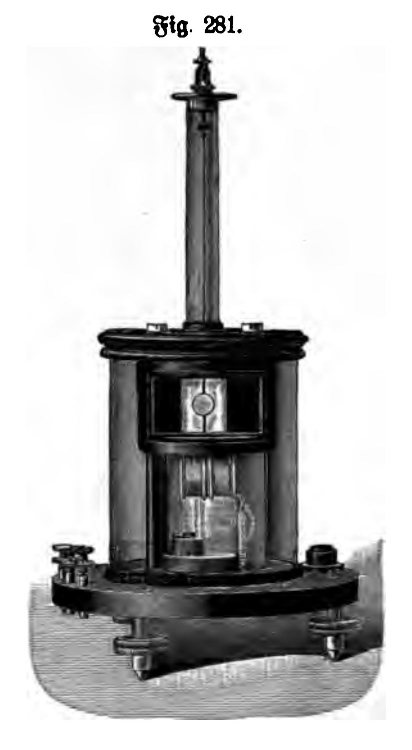


Fig. 282.



sei es weil Ströme von anderen benachbarten Leitungen induziert werden oder weil die Isolation nicht genügt, wodurch bei der großen Empfindlichkeit der Instrumente erhebliche Störungen auftreten.

Nicht zu vermeiden sind die Störungen durch den elektrischen Betrieb der Straßenbahn, wenigstens nicht bei dem beschriebenen Galvanometer. Es müßten zu diesem Zwecke Drehspulengalvanometer nach Deprez d'Arsonval (Fig. 282) oder Panzergalvanometer nach Du Bois-Rubens[1]) verwendet werden.

Prof. Dr. Edelmanns phys.-mech. Institut, München, Nymphenbergerstr. 82, empfiehlt die in den Figg. 283 und 284 dargestellten Instrumente in Verbindung mit dem in Fig. 285 skizzierten Rheostaten. Das Galvanometer ist bei Z (Fig. 285) angeschlossen und wird durch den kurzschließbaren Widerstand bei a auf genau

[1]) Zu beziehen von Siemens u. Halske, Akt.-Ges., Berlin SW., Markgrafenstr. 94. Zweckmäßig benutzt man zwei Galvanometer von verschiedenem Widerstand. (Über Panzergalvanometer siehe H. du Bois und H. Rubens, Zeitschr. f. Instr. 20, 65, 1900.) Fig. 281 zeigt ein von derselben Firma zu beziehendes Elektrodynamometer, welches an Stelle des Galvanometers treten muß, wenn mit Wechselstrom experimentiert wird.

100 Ohm ergänzt. Die Gebrauchsklemmen sind bei *A*. Der linke Kurbelrheostat ist ein variabler Nebenschluß; er drückt die volle Empfindlichkeit, wenn die rechte

Fig. 283 a. Fig. 283 b. Fig. 284.

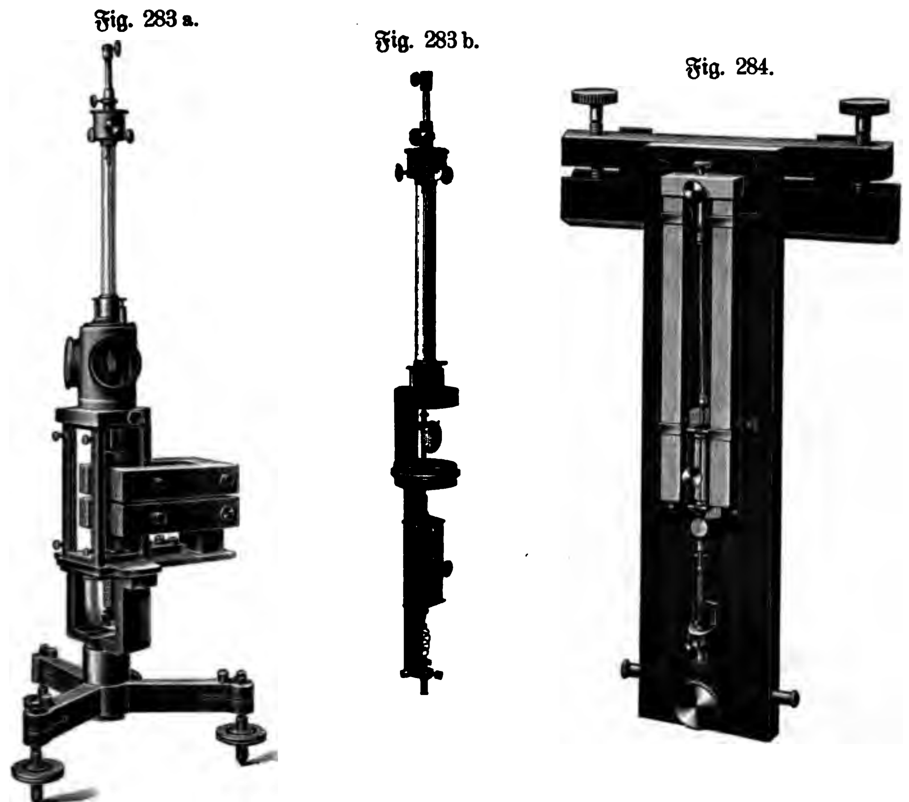
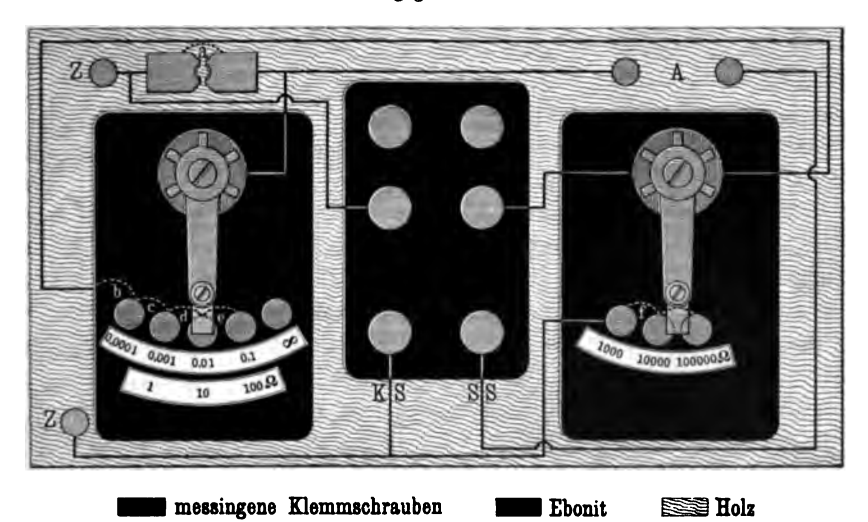


Fig. 285.



messingene Klemmschrauben und andere Messingteile — Ebonit — Holz

Kurbel auf 1000 steht, herunter auf 0,1—0,01—0,001 und 0,001. Wird das Galvanometer als Voltmeter benutzt, dann drückt die linke Kurbel (rechts auf 1000

eingestellt) den Widerstand des Instrumentes herab auf 0,1—1—10—100 Ohm, während man, wenn die linke Kurbel auf ∞ steht, rechts auf 10000 und 100000 Ohm ergänzen kann. Das Instrument trägt außerdem noch einen Galvanometer-Kurzschluß, sowie einen Stromschlüssel (Preis 125 Mk).

Das große Drehspulengalvanometer (Fig. 283 a) (Empfindlichkeit 1 mm = 1.10^{-9} Amp. bei 1 m Skalenabstand) eignet sich nach Aufstecken beigegebener Schwingungsgewichte auch als Schwingungsgalvanometer (ballistisches G.) und besitzt dabei eine Empfindlichkeit von 400 mm für das Mikrocoulomb bei 2 m Skalenabstand). Durch Einhängen von Silberrähmchen erreicht man auch im offenen Zustande Aperiodizität, die Arretierung erfolgt von außen. Der Einsatz (Fig. 283 b) ist auswechselbar zum Gebrauch für Thermoströme (geringer Widerstand) und für hohe Empfindlichkeit (große Windungszahl). (Preis 240 Mk., Einsatz 120 Mk.)

Das Wanddrehspulengalvanometer, Fig. 284, ist leicht zu transportieren und einzustellen. Auch ist es staubdicht abgeschlossen. Bei dem gewöhnlichen Instrument (Preis 130 Mk.) ist die Empfindlichkeit 1 mm = 3.10^{-9} Amp. bei 1 m Skalenabstand und 150 mm = 1 Mikrocoulomb.

Beide Instrumente werden auch für große Empfindlichkeit geliefert, nämlich 1 mm = 4.10^{-10} bis 6.10^{-10} Amp. bei 1 m Skalenabstand (Preis 220 Mk.).

Bei dem Elektrometer treten Störungen durch den elektrischen Straßenbahnbetrieb auf, wenn der eine Pol zur Erde abgeleitet, z. B. mit der Wasserleitung verbunden wird, insofern sich das Potential derselben durch Parasitströme beständig ändert.

Weitere Störungen sind bedingt durch die Erschütterungen[1]), nicht nur durch den Straßenbahnbetrieb, sondern durch den starken Verkehr auf der Straße, an welcher das Institut gelegen ist, überhaupt.

Zuweilen wurde eine günstige Wirkung erzielt, wenn das Instrument auf einen schweren Bleiklotz gestellt wurde, der auf drei Kautschukstöpseln ruhte. Julius[2]) empfiehlt, die (schwere) Bodenplatte an drei Stahldrähten (besser wohl Spiralfedern) aufzuhängen und durch angebrachte Flügel, welche in Gefäße mit Öl oder Glycerin eintauchen, die Schwingungen zu dämpfen. Zur Regulierung des Schwerpunktes dienen dabei Laufgewichte, welche an drei auf der Grundplatte vertikal befestigten Stäben verschiebbar sind.

Sind derartige Komplikationen nicht zu befürchten, so genügt es, die Instrumente auf gewöhnliche Konsolen aufzustellen, am besten aus Zinkguß, jedenfalls nicht aus Eisen, dessen Magnetismus stören würde, und auch nicht aus eingemauerten Steinen, welche nicht entfernt werden können, falls etwa ein anderes Instrument aufgestellt werden soll, für welches das vorhandene Konsol nicht paßt.

Die Wand hinter den Instrumenten sollte durchbrochen sein, um dieselben im Falle einer Störung vom Vorbereitungszimmer aus in Ordnung bringen zu können, da das Aufstellen einer Leiter im Auditorium während der Vorlesung zu Unzuträglichkeiten führt. Ebenso sollte es möglich sein, die Lampen vom Vorbereitungszimmer aus zu bedienen.

Für Versuche, bei welchen geringere Empfindlichkeit genügt, werden häufig Galvanometer benutzt, deren Skala in bekannter Weise projiziert wird (Fig. 286, K, 80).

---

[1]) Über erschütterungsfreie Aufstellung siehe H. du Bois und Rubens, Wied. Ann. 48, 242, 1893. — [2]) Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1896, S. 267.

Für kleine Auditorien genügt eine Petroleumlampe oder Glühlampe [1]) als Lichtquelle (Fig. 288, K 150) oder eine Glühlampe mit geraden Faden (Fig. 289, K 18).

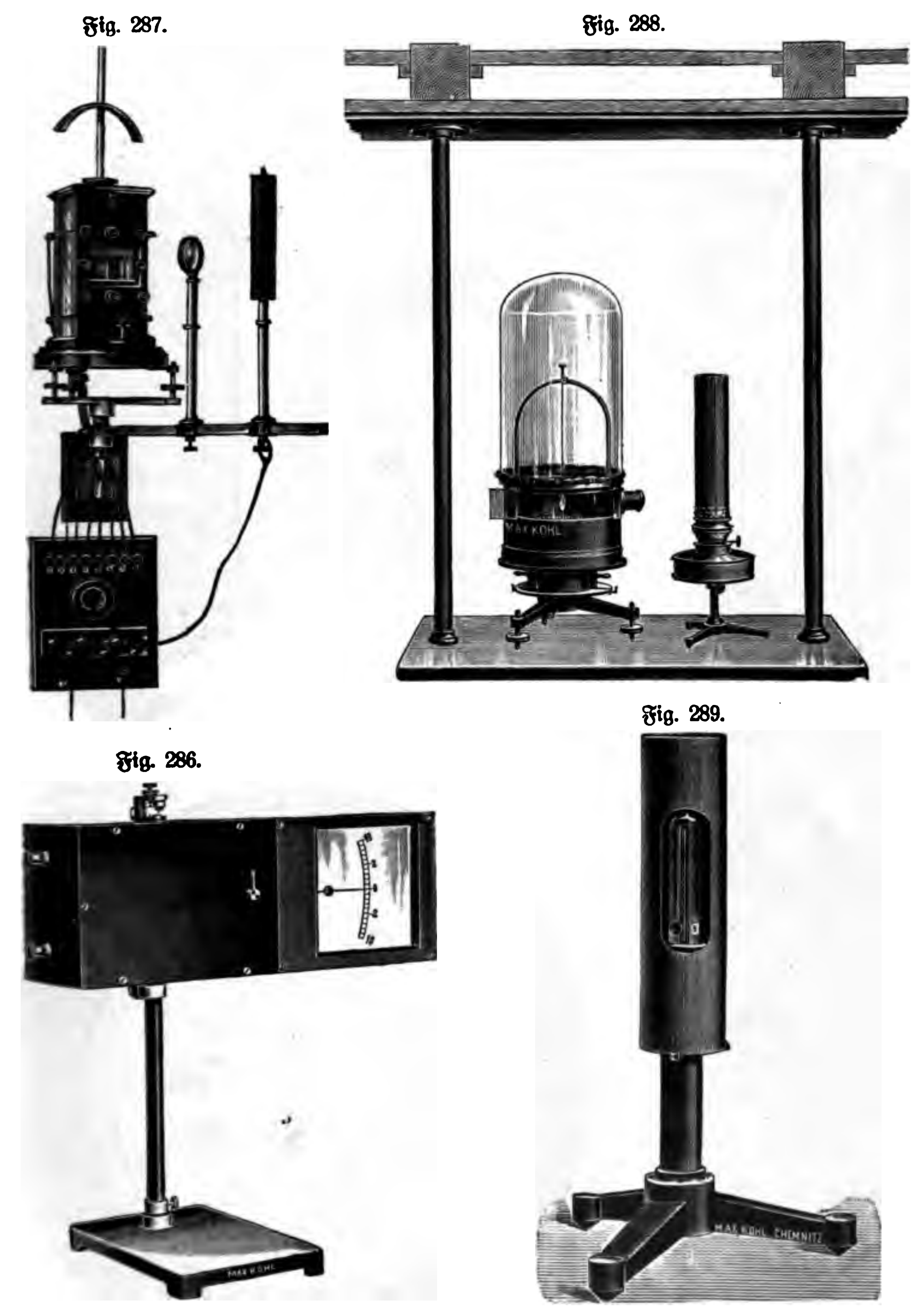


Fig. 287. Fig. 288. Fig. 289. Fig. 286.

[1]) Leppin u. Masche, Berlin SO., Engelufer 17, bringen die Lampe nebst Linse auf einem drehbaren, mit dem Konsol verbundenen Arm an, so daß der Lichtzeiger leicht

Hochempfindliche astatische Galvanometer eignen sich kaum für Demonstrationszwecke und sind gewöhnlich nicht mit den nötigen zwei Öffnungen für Eintritt und Austritt der Lichtstrahlen versehen.

Elektrodynamometer für Wechselströme werden selten gebraucht, so daß dauernde Aufstellung kaum nötig erscheint.



Fig. 290. Fig. 291. Fig. 292. Fig. 293.

36. Die Uhrleitung. Sehr bequem ist es, wenn sich an der dem Experimentiertisch gegenüberliegenden Wand eine Uhr befindet, damit man während des Vortrages leicht beurteilen kann, ob die Zeit zur Ausführung eines Experimentes oder einer Auseinandersetzung noch ausreicht. Ich verwende hierzu ein elektrisches Zifferblatt (Fig. 291), welches von einer entsprechend eingerichteten Normaluhr (Fig. 290) von Th. Wagner in Wiesbaden (Preis 430 Mk.) in Tätigkeit gesetzt wird [1]). Dieselbe Normaluhr betätigt noch ein zweites elektrisches Zifferblatt mit weithin sichtbarem Sekundenzeiger (Fig. 293, Preis 190 Mk.), welches gegenüber dem großen Manometer rechts von dem schiefen Projektionsschirm (Fig. 3, S. 11) an der Wand angebracht ist und, wenn nicht benutzt, ausgeschaltet werden kann.

Die Leitung ist wie jede beliebige Klingelleitung ausgeführt. Als Stromquelle dient die große Niederspannungsakkumulatorenbatterie unter Zwischenschaltung eines geeigneten Widerstandes [2]). Auf dem Schaltbrett befindet sich ein Ausschalter, um für den Fall des Nichtgebrauchs die Uhr ausschalten zu können. Ferner ist ein Taster vorhanden, welcher ermöglicht, beim Vor- oder Nachgehen der Uhr durch wiederholte Stromstöße den Zeiger richtig einzustellen.

Fig. 294.



Gebraucht man Meidinger-Elemente, so ist zu beachten, daß dieselben sehr empfindlich gegen Schütteln sind, weil die Lösungen durcheinander kommen. Die Kupfervitriollösung darf natürlich nie den Zinkcylinder erreichen, da sich sonst dort Kupfer ausscheiden und Lokalströme veranlassen würde, welche rasche Zerstörung des Zinks bedingen. Beim Zusammensetzen wird das Glas halb mit Wasser gefüllt, in welchem 50 g Bittersalz aufgelöst sind und sodann der vollständig mit Kupfervitriolkristallen und Wasser gefüllte Ballon umgekehrt hineingestellt. Siemens und Halske in Berlin liefern Elemente von der in Fig. 294 gezeichneten Form zu 2,85 Mk.

Bequem ist, wenn die Uhr mit einer besonderen Signalglocke verbunden ist, welche einige Minuten vor Beginn der Vorlesung ertönt [3]), ferner, wenn mehrere Kontakte vorhanden sind, an welche Sekundenschläger [4]) angeschlossen werden können.

---

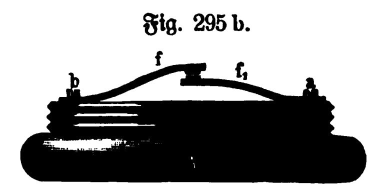
auf den Nullpunkt der Skala eingestellt werden kann, was übrigens auch durch einen kleinen Richtmagneten möglich ist, und verbinden die Spulen des Galvanometers mit einem kleinen Schaltbrett, so daß der innere Galvanometerwiderstand durch geeignete Schaltung der Spulen zwischen 1 und 16 Ohm verändert werden kann (Fig. 287, Preis 200 Mk.). — [1]) Elektrische Uhren, bei welchen jegliche Wartung auf die Zeit von Jahren überflüssig ist, liefern neuerdings die Siemens-Schuckert-Werke, Berlin. Elektrische Uhren mit Datum (Fig. 292) liefert Th. Wagner, Wiesbaden, andere Formen auch C. Bokmeyer, Halle a. d. S.; elektrische Uhren ohne Batterie und ohne Kontakte die Aktiengesellschaft „Magneta" in Singen (Baden). — [2]) Sonst werden gewöhnlich Meidingerelemente gebraucht, da nur diese für lange Zeit konstanten Strom liefern. — [3]) Signaluhren mit auf jede Minute einstellbaren, sich nach 24 Stunden wiederholenden Signalen liefert J. G. Mehne, Elektrotechn. Fabrik, Schwenningen (Württemberg), von 60 Mk. an. — [4]) Solche liefert das phys.-mech. Institut von Prof. Dr. Th. Edelmann in München zu 35 Mk.

37. Die Klingelleitung. An verschiedenen Stellen des Experimentierraumes, an den Wänden und auf den Schaltbrettern, müssen Druckknöpfe elektrischer Klingelanlagen angebracht sein, welche ermöglichen, nach dem Maschinenraum, der Werkstätte u. s. w. Signale zu geben. Die Einrichtung eines solchen Druckknopfes ist aus Fig. 295 zu ersehen. Auf einer Grundplatte A von Holz oder Horn sind die Federn ff' angeschraubt, welche die Enden der Stromleitung bilden. Die obere Feder f drückt gegen den losen elfenbeinernen Knopf C, welcher sich in der Öffnung

Fig. 295 a.



Fig. 295 b.



des Deckels B frei bewegen kann und durch einen vorspringenden Rand am unteren Ende am Herausfallen gehindert wird. Drückt man auf diesen Knopf, so wird die Feder f gegen f' gedrückt und dadurch der Strom geschlossen, indes nur solange der Druck dauert.

Die Einrichtung elektrischer Klingelanlagen ist im übrigen sehr einfach und bedarf keiner näheren Auseinandersetzung [1]).

Fig. 296.



Fig. 297.



Fig. 298.



Zum Betriebe der Anlage benutze ich ebenfalls die Niederspannungsakkumulatorenbatterie. Gewöhnlich benutzt man Leclanché-Elemente [2]) (einige der gebräuchlichsten Arten zeigen die Fig. 296, 297, 298).

Um bei solchen Elementen das Effloreszieren des Salmiaks zu vermeiden, wird empfohlen, die Lösung nicht ganz konzentriert zu nehmen und 10 bis 15 Proz. Glycerin zuzusetzen.

Als Leitungsdrähte benutzt man dünne Kupferdrähte, doppelt umsponnen und gewachst, und zwar positive und negative von verschiedener Farbe. Ebenso erhalten solche, die zu einer anderen Anlage gehören, anders gefärbte Umspinnung.

[1]) Wer solche sucht, findet sie z. B. in dem Taschenbuch für Präzisionsmechaniker u. s. w., Berlin 1902, S. 15 bis 50 und in Mix und Genest, Anleitung zum Bau elektrischer Haustelegraphen. — [2]) Solche sind zu beziehen von Siemens und Halske in Berlin, und zwar Leclanché-Elemente mit Toncylinder (Fig. 296) zu 4,35 Mk., mit Braunsteinplatte (Fig. 297) zu 2,8 Mk., mit Braunsteinglocke (Fig. 298) zu 2,55 Mk.

Sie werden da, wo es nötig ist, durch 7 mm weite Isolierrohre gezogen und im übrigen einfach durch Krampen (Fig. 299) befestigt, oder um Nägel gewickelt, und zwar tunlichst auf Holzverkleidungen, da der Kalk die Baumwollisolierung allmählich zerstört.

Zum Eintreiben der Krampen kann das in Fig. 300 dargestellte Instrument dienen oder der Klammerhalter Fig. 301.

Fig. 299.



Fig. 300.

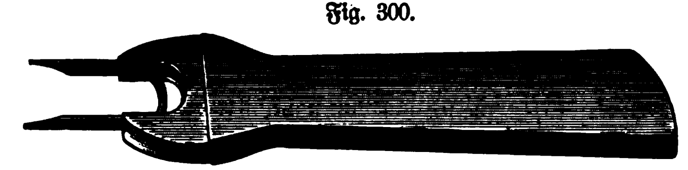


Fig. 301.



Die Isolation ist übrigens nur wenig genügend, wenn nicht zwischen Krampe und Draht Leder, Pappe oder dergleichen zwischengelegt wird[1]).

Da, wo sich Leitungen unter sich oder mit Gas- und Wasserröhren oder sonstigen metallischen Leitungen kreuzen, muß durchaus Vulkanfiber, Pappdeckel oder Kautschuk (aufgeschlitzter Kautschukschlauch) zwischengelegt werden, da z. B. beim Gebrauch

Fig. 302.



Fig. 303.



einer Elektrisiermaschine durch Induktion in den Leitungen Spannungen hervorgerufen werden können, welche an den Kreuzungsstellen Funken erzeugen.

Gewöhnliche Klingeln sind in den Figg. 302 und 303 dargestellt[2]). Um die verschiedenen Signale unterscheiden zu können, werden Klingeln mit verschieden tönenden Glocken gebraucht und solche mit verschiedener Unterbrechungsgeschwindigkeit, d. h. rasselnde und langsam schlagende. Ferner kann man die Mannigfaltigkeit der Zeichen erhöhen, wenn man einem ein-, zwei-, dreimal Klingeln verschiedene

[1]) Verzinnte Drahthaken und Ösen liefern zu etwa 1 Mk. pro Kilogramm Mix und Genest in Berlin. Der Klammerhalter ist zu beziehen von H. Hommel in Mainz zu 1,50 Mk. — [2]) Zu beziehen von Stöcker u. Co., Telephon- und Telegraphenwerke, Leipzig.

Bedeutung beilegt und dies auf Tafeln bei den Druckknöpfen und Klingeln vermerkt. Für besondere Zwecke werden auch Klingeln ohne Unterbrecher verwendet, die nur einmal anschlagen, und solche, die nicht wieder aufhören zu rasseln, bis man sie wieder neu eingestellt hat.

Da, wo es auf einen besonders hohen Grad von Sicherheit ankommt, finden Ruhestromklingeln Anwendung, welche dann ertönen, wenn der Strom unterbrochen wird. Sollen mehrere Klingeln gleichzeitig ertönen, d. h. parallel geschaltet werden, so verwendet man Nebenschlußwecker, d. h. solche, bei welchen das Loslassen des Ankers nicht durch Unterbrechung des Stromes, sondern durch Kurzschluß der Elektromagnetwindungen bewirkt wird.

Für Betrieb mit Wechselstrom[1]) sind polarisierte Wecker erforderlich, bei welchen der Eisenkern ein Stahlmagnet ist, dessen Magnetismus je nach der momentanen Richtung des zum Betriebe benutzten Wechselstromes verstärkt oder geschwächt wird, so daß der Anker ohne Unterbrechungsvorrichtung in Schwingung versetzt wird.

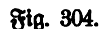


Fig. 304.



Soll dieselbe Klingel von mehreren Stellen aus in Tätigkeit gesetzt werden, so bringt man an allen diesen Stellen Druckknöpfe an und schaltet sie parallel (Fig. 305).

Soll beim Niederdrücken eines Druckknopfes nicht nur eine Klingel, sondern mehrere Klingeln an verschiedenen Orten ertönen, so schaltet man diese parallel (Fig. 306).

In der Regel wird sogenannte Korrespondenz nötig sein, d. h. überall wo ein Druckknopf ist, muß sich auch eine Klingel befinden, die von der anderen Station betätigt werden kann. Man kann diese beiden Anlagen mit derselben Batterie betreiben (Fig. 307).

Sind zahlreiche Druckknöpfe vorhanden, so muß bei der Klingel noch ein sogenanntes Tableau (Fig. 304[2]), an welchem man erkennen kann, von welchem der Druckknöpfe aus geklingelt wurde, angebracht werden (Fig. 308). In dem Tableau sind die von den Druckknöpfen kommenden Leitungen um Elektromagnete herum geführt, welche durch Einwirkung auf ihren Anker das Hervortreten einer Signalscheibe bewirken können. Wird ein Knopf niedergedrückt, also Strom um einen der Elektromagnete geleitet, so wird die von demselben beeinflußte Signalscheibe ausgelöst. Der Signalempfänger bringt sie dann entweder einfach mit der Hand oder auf elektrischem Wege durch Drücken auf einen Kontaktknopf wieder in ihre Anfangsstellung zurück (Fig. 309).

Treten bei einer Klingelleitung Störungen ein, so untersucht man zunächst, ob sich die Batterie noch in leistungsfähigem Zustande befindet, sodann sind die

[1]) Z. B. bei Anwendung von Magnetinduktoren als Stromquelle. — [2]) Zu beziehen z. B. von Stöcker u. Co., Telephon- und Telegraphenwerke, Leipzig.

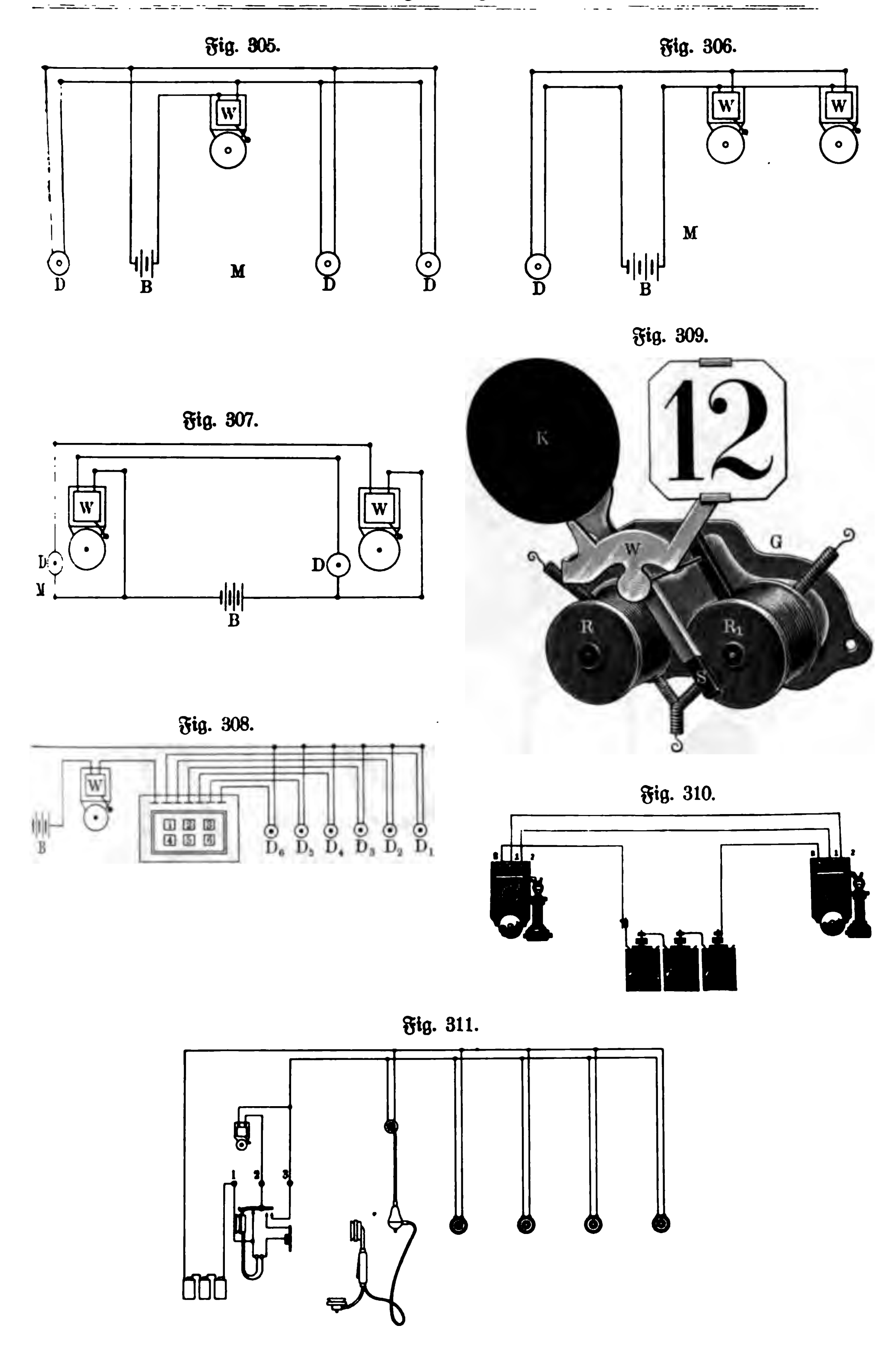


Fig. 305.

Fig. 306.

Fig. 307.

Fig. 308.

Fig. 309.

Fig. 310.

Fig. 311.

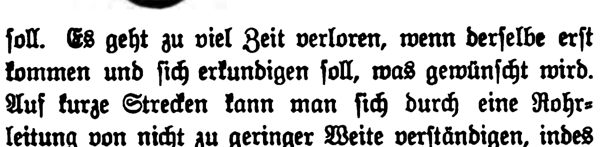
Kontakte an den Druckknöpfen und Klingeln zu untersuchen, und falls auch hier kein Fehler vorgefunden wird, die Leitung, am einfachsten, indem man dieselbe stückweise ausschaltet und einen provisorischen Hilfsdraht, etwa eine lange Leitungsschnur[1]), einsetzt, bis der schadhafte Teil gefunden ist.

Handelt es sich nur um kurze Entfernungen, so ist manchmal eine gewöhnliche mechanische Klingelanlage mit Drahtzug bequemer, wobei in bekannter Weise durch eingeschaltete Winkelhebel die Richtung des Zuges geändert werden kann.

38. Die Telephonanlage. Die Klingeln allein sind meist ungenügend zur Signalgebung, namentlich wenn etwa einem Diener ein Auftrag gegeben werden

Fig. 312. Fig. 313 a. Fig. 313 b.





soll. Es geht zu viel Zeit verloren, wenn derselbe erst kommen und sich erkundigen soll, was gewünscht wird. Auf kurze Strecken kann man sich durch eine Rohrleitung von nicht zu geringer Weite verständigen, indes nur unvollkommen. Handelt es sich um vorher ausgemachte Anweisungen, z. B. das Anlassen einer bestimmten Maschine, so werden vorteilhaft die elektrischen Drehfeld-Kommandoapparate benutzt, wie sie auf Schiffen gebräuchlich sind, und z. B. von der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft in Berlin geliefert werden. Sie sind namentlich von Vorteil im physikalischen Auditorium, insofern damit ohne jede Störung des Vortrages dem Maschinenwärter Anweisungen gegeben werden können.

Im allgemeinen ist aber eine Telephonanlage zu besserer Verständigung zwischen den verschiedenen Räumen des Instituts unentbehrlich. Sie wird, soweit die Zwecke der Vorträge in Betracht kommen, am besten in der Versenkung unter dem Auditorium oder im Vorbereitungszimmer angebracht, so daß ein Gehilfe von hier aus die erforderlichen Mitteilungen machen kann.

[1]) Man kann diese am Ende mit einer Nähnadel versehen, um an beliebigen Stellen der Leitung durch Einstechen in die Isolierung Kontakt herstellen zu können.



Fig. 314. Fig. 315.

Ein einfaches Haustelephon mit Signalglocke zeigt Fig. 313a [1]), die Verbindung zweier Stationen Fig. 310. Besonders verbreitet sind die sogenannten Mikrophone mit Normalschaltung, d. h. diejenigen, bei welchen der Mikrophonstrom durch einen kleinen Transformator auf höhere Spannung gebracht wird (Fig. 313b), so daß die Länge der Leitung einflußlos bleibt. Man verwendet zweckmäßig sogenannte lautsprechende Telephone (Fig. 314) und schaltet einen Linienwähler (Fig. 315) ein, welcher ermöglicht, beliebig viel Stationen miteinander zu verbinden.



Fig. 316.

In dem Sprech- und Arbeitszimmer ist eine sogenannte Tischstation mit Linienwähler angebracht,

[1]) In neuester Zeit werden sehr billige und doch brauchbare Haustelephone, welche an jede beliebige Klingelleitung angeschlossen werden können (Fig. 311), geliefert von Mix u. Genest, A.-G., Telephon- und Telegraphenwerke, Berlin W., Bülowstr. 67; C. Lorenz, Telephon- und Telegraphenwerke, Berlin (Pherophon, Fig. 312, Preis pro Paar 12 Mk.); H. Wölting, Bochum; Paul Hardegen u. Co., Berlin SO., Elisabethhof; Otto Köhler u. Co., Berlin W., Bülowstr. 57; Oskar Böttcher, Berlin W. 57, Culmstr. 7 bis 8 u. a.

um vom Schreibtisch aus nach verschiedenen Räumen des Instituts telephonieren zu können [1]).

Zum Betrieb der Mikrophone dienen gewöhnlich entweder Leclanchéelemente oder Trockenelemente (Fig. 316) [2]).

39. Die Schalleitung. Zur Demonstration der Fortpflanzung des Schalls in Röhren ist eine weite Rohrleitung erforderlich, welche in einem Raume endigt, aus welchem direkte Schallwellen nicht in das Auditorium gelangen können. Ich verwende hierzu gewöhnliches, etwa 12 cm weites Ofenrohr, welches durch mehrere Mauern hindurchgeführt ist. In der Wand des Auditoriums unter dem Fußboden endigt es in einem Hahn, welcher vollständig ummauert ist, bis auf den den Fußboden durchdringenden verlängerten Zapfen, welcher wie bei den übrigen Hähnen durch einen aufgesetzten Steckschlüssel gedreht werden kann. An diesen Hahn schließt sich ein weiteres Stück der Rohrleitung, welches in ein den Fußboden durchdringendes konisches Endstück ausläuft, das natürlich gewöhnlich mit einer aufgeschraubten hölzernen Platte zugedeckt ist. Nach Entfernung derselben kann ein Blechrohr eingesteckt werden, an welches sich mittels eines weiten Kautschukschlauches ein großes Sprachrohr anschließt. Wird der Hahn zugedreht, so hört man nichts von dem am anderen Ende der Röhre erregten Schalle (Musik, Gesang), wohl aber wenn er aufgedreht wird, und zwar um so mehr, je weiter man ihn öffnet. Daß das Rohrende vor dem Hahn ummauert ist, ist wesentlich, da der Schall sonst auch bei geschlossenem Hahn hörbar bleibt.

40. Die Leitung für Luftwellen. A. Töpler hat zuerst darauf aufmerksam gemacht, daß man sich aus nicht zu engen Messingröhren leicht eine Leitung anlegen kann, welche ermöglicht, die Fortpflanzungsgeschwindigkeit von Luftwellen vor einer größeren Zuhörerzahl direkt zu messen. Am einfachsten bringt man diese aus geraden und gebogenen Messingröhren von etwa 2 bis 3 cm Weite durch Verlöten mit übergeschobenen Muffen hergestellte Rohrleitung an der Decke der Versenkung an, an deren Umfang sie in mehreren Windungen verlegt sein kann, ohne

---

[1]) Siehe auch Taschenbuch für Präzisionsmechaniker II, 54, 1902. Bezugsquellen für Telephone und Mikrophone sind: Mix u. Genest, Berlin (Fig. 313a, 313b, 314); Siemens und Halske, Berlin; Telephon-Fabrik, Akt.-Ges., vorm. J. Berliner, Hannover (Fig. 315); Kommanditgesellschaft Paul Hardegen u. Co., Berlin SW., Ritterstr. 49; Telephon- und Telegraphenwerke C. Lorenz, Berlin (Fig. 312); Rudolf Krüger, Berlin SO., Michaelkirchstr. 41; Deutsche Telephonwerke R. Stock u. Co., G. m. b. H., Berlin SO. 33; Telephonfabrik Petsch, Zwietusch u. Co. vorm. Fr. Welles, Berlin-Charlottenburg, Salzufer 7; Deckert und Homolka, Wien IV, 2 u. s. w. — [2]) Zu beziehen von Siemens und Halske in Berlin zu 4,25 Mk. Andere Bezugsquellen sind: Dr. Alb. Lessing, Nürnberg; Erich Friese, Berlin SO., Neanderstr. 23; Elektrizitäts-Aktiengesellschaft Hydrawerk, Berlin NW., Süd-Ufer 24/25; Franz Kühne, Leipzig-Plagwitz, Seumestraße 10; Schlag und Berend, Berlin C., Alexanderstr. 70; Teirich und Leopolder, Budapest, Vörösmartyutcza 47/49; Bernhard Mus, Hamburg I, Dornbusch 4 II; P. Jenisch und Boehmer, Berlin S., Prinzenstraße 34; Carl Gigot, Frankfurt a. M., Kaiserhofstr. 2; Wilh. Cordts u. Co., Hamburg, Kl. Reichenstr. 4 P; C. Erfurt, Berlin SW., Neuenburgerstr. 7; Adler, Haas und Angerstein, Berlin SW., Kommandantenstr. 18; G. Wehr, Berlin SW., Alte Jakobstr. 38; Mix und Genest, Berlin. Bezüglich der Installation der Telephone siehe auch Mix und Genest, Anleitung zum Bau elektrischer Haustelegraphen-, Telephon- und Blitzableiteranlagen (Preis 5 Mk.).

andere Leitungen zu stören. Die beiden Enden werden in der Nähe des Experimentiertisches durch den Fußboden heraufgeführt und laufen dort, ähnlich wie andere Leitungen, in konischen Endstücken aus, in welche entsprechende Standröhren eingesetzt werden können, die sich auf den Experimentiertisch herüberbiegen. Verdichtet man an einem Ende die Luft, so dauert es eine geraume Zeit, bis die Verdichtungswelle am anderen Ende ankommt und etwa ein dort aufgestelltes Licht auslöscht. Die Zeit wäre gerade eine Sekunde, wenn die Länge der Rohrleitung gleich der Schallgeschwindigkeit wäre. Bei einem Auditorium von der Größe des Karlsruher wären dazu ungefähr sechs Windungen erforderlich. Ebenso kann man natürlich die Fortpflanzungsgeschwindigkeit einer Verdünnungswelle ermitteln und die Zeit, welche ein Knall gebraucht, um die ganze Röhre zu durchlaufen.

41. Der große Projektionsapparat[1]). Im allgemeinen sind große kolorierte Zeichnungen Projektionsbildern vorzuziehen, da sie keine Verdunkelung des Auditoriums erfordern. Bei Demonstration zahlreicher Figuren würde indes der Wechsel der Tafeln zu viel Zeit und deren Herstellung zu viel Mühe und Geld erfordern, sodaß Projektion überhaupt nicht zu umgehen ist. Durch Photographie nach guten Holzschnitten und Bemalung mit Anilinfarben können überdies die Projektionsbilder effektvoller hergestellt werden. Man kann so leicht fehlende Apparate wenigstens im Bilde vorführen und deren Einrichtung erklären. Ferner kann man mit geringen Kosten Tabellen und Formelzusammenstellungen in großer deutlicher Schrift vorführen, indem man solche einfach aus einem Buch, z. B. dem vorliegenden, auf Chlorsilberplatten photographiert. Benutzt man das Negativ, so erscheint die Schrift weiß auf schwarzem Grunde. Bringt man noch einen Schieber an, welcher nach Bedarf eine Zeile nach der anderen oder Buchstaben für Buchstaben hervortreten läßt, so erreicht man den gleichen Effekt, wie durch Anschreiben an die Tafel und in viel vollkommenerer Weise, nicht nur weil die Schrift besser lesbar und sauberer ist, sondern auch deshalb, weil man sich nicht mit Schreibarbeit aufzuhalten und dem Auditorium nicht den Rücken zuzukehren braucht. Überdies hat man nicht nötig die Hände und damit alles, was man anfaßt, mit Kreide zu beschmutzen. Die fensterlose Nische hinter dem Experimentiertisch (Fig. 3) ist in diesem Falle nützlich, da sie Zimmerverdunkelung entbehrlich macht.

a) Das Projektionshäuschen. Der Apparat zur Projektion von Glasbildern befindet sich in einem ringsum geschlossenen Häuschen, welches nur den Lichtkegel durch eine dazu angebrachte kleine Öffnung austreten läßt. Ein solches Häuschen ist nicht gerade unbedingt nötig, aber recht zweckmäßig, einerseits weil man den Projektionsapparat, da er vor Staub geschützt ist, beständig in diesem Häuschen aufgestellt lassen kann, so daß er jederzeit zum Gebrauche bereit ist, andererseits, weil alles seitlich aus dem Apparate austretende Licht dadurch aufgehalten wird.

---

[1]) Siehe auch Neuhauß, Lehrbuch der Projektion, Halle a. d. S., W. Knapp, 1901; Th. Stein, Die optische Projektionskunst, Halle a. d. S., W. Knapp, 1887; Stöhrer, Die Projektion physikalischer Experimente; Laterna magica, Vierteljahresschrift für alle Zweige der Projektionskunst. Verlag von E. Liesegang, Düsseldorf; Dr. O. Zoth, Die Projektionseinrichtung und besondere Versuchsanordnungen, Wien, Hartleben; Carl Treyer, Das Skioptikon in der Schule. Dresden 1900, Verlag des Apollo; Dr. W. Thörner, Die Verwendung der Projektionskunst im Anschauungsunterricht. Düsseldorf, Verlag von E. Liesegang.

Im Karlsruher Auditorium habe ich ein solches Häuschen auf der Mitte der letzten Bank anbringen lassen in einer Ausdehnung von etwa 3 m Breite, 1 m Tiefe und 3 m Höhe. Die Wände setzen sich aus Holzrahmen zusammen, welche mit grünem Stoff bezogen sind von solcher Dichte, daß das Licht nicht (in störendem Maße) herausdringen kann, wohl aber die durch die Hitze der elektrischen Lampe und die Anwesenheit mehrerer Personen erwärmte Luft. Es ist zugänglich einesteils durch zwei niedrige Türen auf der Rückseite vom Auditorium aus, anderenteils von der Versenkung aus auf zwei Treppen, welche zu Falltüren auf der rechten und linken Seite führen. Die letzteren Zugänge ermöglichen den Gehilfen, während des Vortrages ohne jede Störung unbemerkt in das Häuschen zu gelangen, so daß die Projektion im richtigen Momente unverweilt beginnen kann.

Beim Bau des Lehrsaals ist natürlich darauf zu achten, daß keine Säule oder Gaslampe in den Projektionskegel zu stehen kommt, da solche Hindernisse die Projektion unmöglich machen würden. Es darf sich also namentlich keine Säule in der Mittellinie des Saales befinden. Am besten würde es sein, wenn Säulen überhaupt vermieden werden könnten, doch dürfte dies wohl aus technischen und pekuniären Gründen in den meisten Fällen nicht möglich sein.

In der Mitte der Vorderwand des Projektionshäuschens ist das Objektiv eingeschraubt in solcher Höhe, daß der Lichtkegel gerade mitten auf den Projektionsschirm trifft. Gewöhnlich wird man elektrisches Licht zu diesen Projektionen benutzen, wenn solches zur Verfügung steht. Es muß also auch nach diesem Punkte eine Leitung für die elektrische Lampe und auch eine Leitung zu den Bogenlampen für die Saalbeleuchtung gelegt sein. Ein Umschalter ermöglicht, die beiden Leitungen zu vertauschen, d. h. beim Abstellen der Projektionslampe sofort die Beleuchtungslampen in Tätigkeit zu setzen.

Fig. 317.



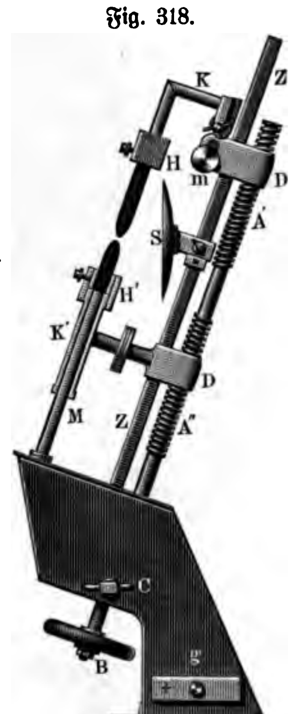
Die Leitungen sind an der Decke der Versenkung entlang geführt und steigen dann vertikal an der Rückwand des Häuschens in die Höhe, wo sich auch der Umschalter befindet, sowie ein Ausschalter für eine oder zwei Glühlampen zur Beleuchtung des Häuschens. Zum Teil bestehen die Leitungen aus Eisendraht, so daß ein besonderer Beruhigungswiderstand (Fig. 317, K 39) für die Projektionslampe entbehrlich wird.

Zur Signalgebung nach dem Projektionshäuschen dient entweder eine kleine Glühlampe oder eine Art elektrische Klingel, bei welcher die Glocke durch ein Stück Holz ersetzt ist. Dieselbe schlägt bei Herstellung des Kontaktes nur einmal an, da ein länger dauerndes Rasseln störend wäre.

b) Die Projektionslampe. Als Projektionslampen werden vielfach Bogenlampen mit automatischer Regulierung benutzt. Ich habe indes solche nicht für besonders zweckmäßig gefunden, wenn die Lampe nicht längere Zeit brennen kann, wie etwa bei Vorführung langer Serien von Diapositiven, da die Regulierung oft viel zu wünschen übrig läßt und der Lichtpunkt nicht mit genügender Sicherheit im Brennpunkt des Linsensystems verharrt. Wenn aber beständige Kontrolle der Lampe nötig ist, so hat die automatische Regulierung überhaupt keinen großen Wert, denn auch ein Handregulator erfordert nur von Zeit zu Zeit eine geringfügige Nachstellung der Kohlen und ist jedenfalls in der Anschaffung sehr viel billiger und im Gebrauch durchaus zuverlässig.

Bei älteren Lampen stehen die Kohlenspitzen gewöhnlich senkrecht übereinander, was ganz verkehrt ist, da so die Hauptmasse des Lichtes von der oberen positiven Kohle nach unten, statt gegen die Kondensationslinsen gestrahlt wird. Man kann die Wirkung etwas verbessern, indem man die obere Kohle parallel zu sich selbst gegen die untere (negative) etwas zurückstellt, so daß sie von dem Lichtbogen auf der den Linsen zugewandten Seite getroffen wird und sich dort der helle Fleck oder Krater ausbildet[1]). Noch zweckmäßiger ist es, gleichzeitig die Lampe schief zu stellen, wie es z. B. Fig. 318 zeigt, welche einen alten Handregulator von Sautter-Lemonnier darstellt. Das Zusammenschieben der Kohlen geschieht einfach durch die Muttern DD und eine mit zwei entgegengesetzten Gewinden A' und A'' versehene Schraube, welche mittels des Griffes B von Hand gedreht wird. A' hat doppelt so große Steigung wie A'', dem schnelleren Abbrennen der positiven Kohle entsprechend. Dem negativen Kohlenhalter $K'H'$ wird die Elektrizität durch die Stange M zugeführt, der positive KH steht mit dem Stativ in Verbindung. Der Hebel N ermöglicht, die obere Kohle rechts oder links zu schieben, die Vorrichtung C gestattet, die Lampe gegen das Stativ gg zu zentrieren. ZZ ist eine quadratische Führungsstange für die Kohlenhalter, S ein geschwärzter Schirm, dessen Mittelpunkt die Höhe der optischen Achse angibt.

Fig. 318.



Soll eine derartige Lampe für Projektion gebraucht werden, so muß sie mindestens noch mit Vorrichtung zum Höher- und Tieferstellen als Ganzes versehen sein, sowie auch mit einer Schlitten- oder Drehvorrichtung, welche seitliche Verschiebung des Lichtpunktes gestattet und auch Regulierung des Abstandes von den Kondensationslinsen. Ich hatte früher eine ähnlich konstruierte Lampe in Gebrauch, habe indes die Regulierung durch die Schrauben sehr unbequem gefunden. Man muß im stande sein, die Kohlen rasch ohne langes Drehen auseinander oder zusammen zu schieben, oder auch ganz aus der Lampe herauszuziehen, um sie durch neue zu ersetzen. Alles dies erreicht man am einfachsten, wenn die Kohlen in Messingröhren gefaßt sind, welche sich in einer leitenden Rinne, z. B. einem Stück Winkeleisen, gegen welches sie zur Erzeugung der nötigen Reibung durch eine Feder angedrückt werden, mittels eines isolierenden und auch die Wärme schlecht leitenden Griffes (etwa aus Vulkanfiber) verschieben lassen (Fig. 320). Ist eine solche Kohle zu weit abgebrannt, so wird der ganze Halter samt der Kohle herausgezogen und durch einen bereit liegenden Reservehalter mit einer neuen Kohle ersetzt.

Die Lampe darf nicht offen brennen, obschon dies in dem Projektionshäuschen nicht stören würde, weil das an ultravioletten Strahlen reiche Licht des Bogens den Augen schädlich ist und selbst eine Brille mit schwarzen Gläsern[2]) nicht jede

[1]) Auch durch excentrisch eingelegten Docht hat man ähnliche Wirkungen erzielt, speziell bei Wechselstromlampen. — [2]) Solche liefert z. B. Müller-Uri, Braunschweig, zu 3 Mk.

schädliche Wirkung ausschließt. Es passierte mir z. B. einmal, daß sich auf der von dem elektrischen Licht getroffenen Seite des Gesichts die Haut abschälte.

Man muß also die Lampe in einen aus Blech zusammengenieteten (nicht gelöteten) Kasten hineinstellen, welcher oben mit einem Abzug für die erhitzte Luft versehen ist, etwa so wie Fig. 319 zeigt[1]).

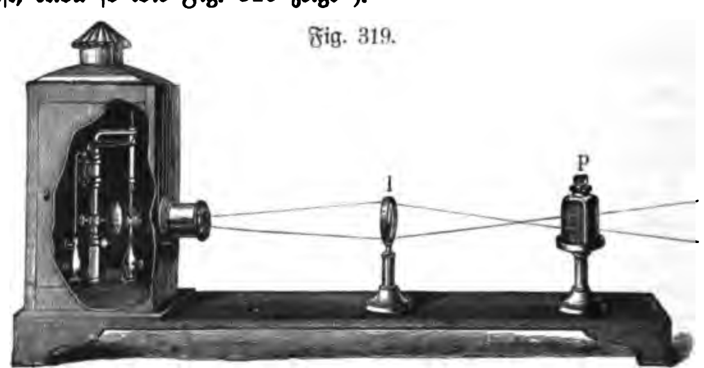


Fig. 319.

Ein kleines Fenster aus dunkelblauem Glas ermöglicht, das Abbrennen der Kohle zu beobachten, und zum Zwecke der Regulierung kann vorübergehend die Tür des Kastens geöffnet werden. Zweckmäßig ist ein Kasten dieser Art durchaus nicht, da er selbst und vor allem aber die Handgriffe der Regulierungsschrauben viel zu heiß werden, ganz abgesehen von der Unbequemlichkeit des häufigen Öffnens der Tür.

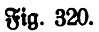


Fig. 320.



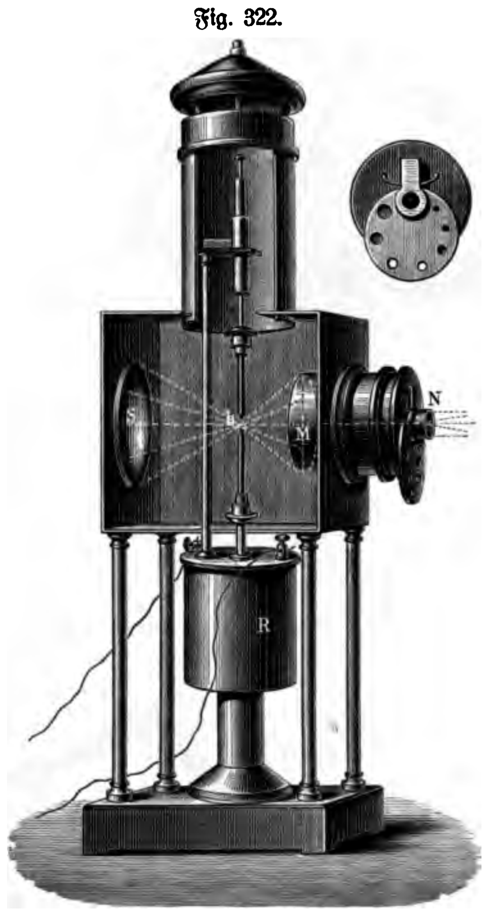
Ist völliger Lichtabschluß unnötig, so kann man die Laterne auf einen kleinen Asbestcylinder mit seitlicher Öffnung reduzieren[2]), welcher von dem unteren Kohlenhalter getragen wird, wodurch nicht nur das Ganze viel leichter und handlicher wird, sondern auch der Mechanismus der Lampe bequem zugänglich bleibt. Die Linsen müssen dann natürlich auf besonderem Stativ angebracht werden. Eine derartige Einrichtung findet sich bei älteren Projektionsapparaten von Fueß. Ähnliche Schutzhüllen hatte ich selbst längere Zeit in Gebrauch, habe sie indes wieder aufgegeben, da sie zu rasch durch die Hitze zerstört wurden.

Die Lampen, welche ich nun schon seit sechs Jahren beständig in Gebrauch habe, sind so eingerichtet, wie Fig. 320 zeigt. Sie bestehen im wesentlichen aus einem Stück Ofenrohr von etwa 10 cm Weite und 40 cm Höhe, in welches schräg zwei Stücke Winkeleisen befestigt sind, auf welchen sich die Kohlenhalter mittels isolierender Griffe aus Vulkanfiber verschieben lassen. Das Rohr besitzt oben einen Aufsatz, welcher der erhitzten Luft den Ausgang gestattet, nicht aber dem Licht. Dem Lichtpunkt der positiven Kohle gegenüber besitzt das Rohr eine weite Öffnung mit

[1]) Reflektoren, wie ein solcher in Fig. 319 angebracht ist, gewähren keinen nennenswerten Nutzen. — [2]) O. Anschütz, Photogr. Rundschau 1897, 155.

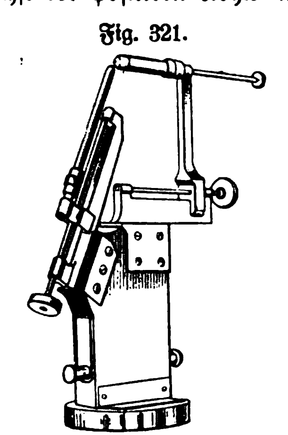
einem kurzen aufgenieteten Stutzen, auf welchen eventuell eine die Kondensationslinsen enthaltende Hülse aufgeschoben werden kann. Den unteren Abschluß des Rohres bildet ein auf der oberen Seite mit Asbest bedeckter Holzklotz, welcher an irgend einem Stativ befestigt werden kann. An diesem Klotz ist auch das den unteren Kohlenhalter tragende Winkeleisen befestigt, welches frei durch eine Öffnung des Blechrohres hindurchgeht. Die Hülse mit den Kondensationshülsen paßt nicht genau auf den Stutzen, sondern berührt denselben nur an drei Stellen, so daß dort kalte Luft eintreten kann, welche zur Kühlung der Linse beiträgt. Die Öffnung, durch welche der obere Kohlenhalter hindurchdringt, darf nur klein sein, da er sonst durch die herausdringende heiße Luft zu stark erhitzt wird.

Fig. 322.



Noch zweckmäßiger dürfte die Anordnung der Kohlen sein, welche Goldhammer und Ariston beschreiben[1]). Die positive Dochtkohle von 17 mm Durchmesser ist horizontal, die dünne negative Kohle bildet mit der Vertikalen einen Winkel von 30° (Fig. 321). Die Stromstärke beträgt 10 bis 15 Amp. Da die Achse der positiven Kohle mit der

Fig. 321.



optischen Achse der Linse zusammenfällt, also beim Abbrennen der Lichtpunkt sich nur in der optischen Achse vom Kondensator weg verschieben kann, so ist das Zentrieren sehr einfach und eine seitliche Verschiebung oder Änderung der Höhe des Kraters fast vollständig ausgeschlossen.

Die Lampe kann in irgend eine der gebräuchlichen Laternen eingesetzt werden. Unter diesen ist wohl die verbreitetste und handlichste die des französischen Mechanikers Duboscq (Fig. 322), welche auch von A. Krüß, Hamburg, Adolphsbrücke 7,

[1]) Phys. Zeitschr. 2, 559, 1901, Fig. 1. Nach H. Krüß (Phys. Zeitschr. 3, 428, 1902) müssen die Kohlenachsen um 30° gegen die Vertikale geneigt werden. Der Lichtbogen kann zweckmäßig durch Anbringen eines Magnetfeldes nach vorn gedrückt werden (Beiblätter 27, 391, 1903).

sowie von Fr. Schmidt und Hänsch, Berlin, Stallschreiberstr. 4 geliefert wird. Die Lampe läßt sich in der Laterne von außen heben und senken, sowie etwas seitlich verschieben.

Um alles fremde Licht abzuhalten, ist es zweckmäßig, die Öffnung im Boden der Laterne mit Stücken von Asbestpappe zuzudecken.

Fig. 323.

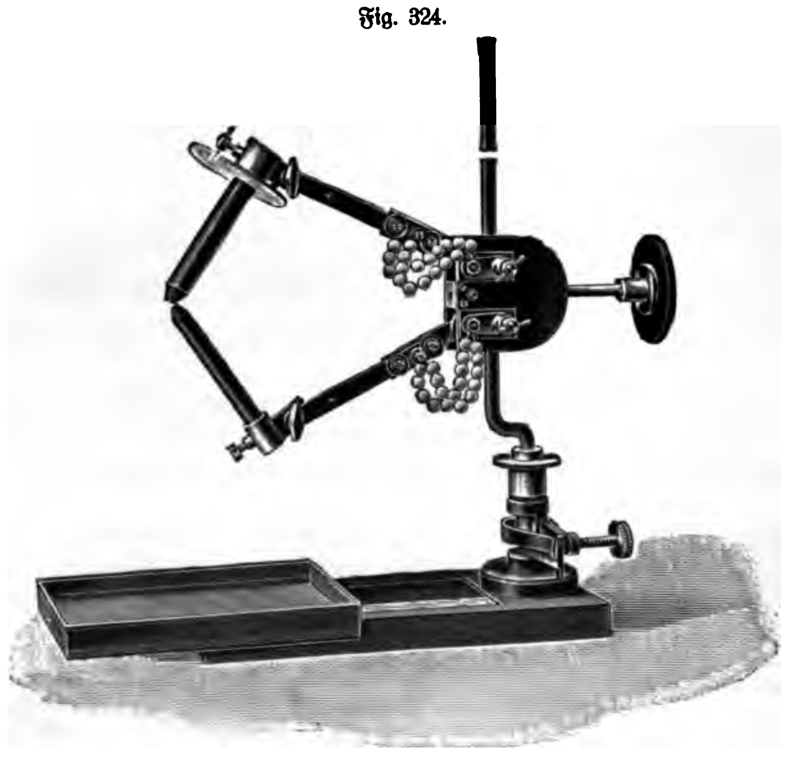


Häufig werden die Laternengehäuse viel zu klein gemacht, so daß sie sich allzu stark erhitzen und der Experimentator in Gefahr kommt sich die Finger zu verbrennen. Ganz unbrauchbar sind die früher häufig benutzten hölzernen Laternengehäuse, selbst dann, wenn innen das Holz mit Blech oder Asbest überzogen ist.

Bei Schirmabständen von 5 bis 8, 8 bis 10 und über 10 m ist die erforderliche Stromstärke bezw. etwa 8 bis 10, 10 bis 20 und 20 bis 35 Amp. In sehr großen Sälen werden für Handregulatoren bis zu 60 Amp. gebraucht.

Andere Handregulatoren sind z. B. die „Volta"-Lampe von E. Liesegang in Düsseldorf (Fig. 323, Trieb *A* gestattet den Abstand der Kohlen zu regulieren, die Triebe *B* und *C* dienen zum Heben und Senken bezw. Seitwärtsbewegen des Lichtpunktes, Preis 100 bis 120 Mk.); die Lampe von K. Weinert, Bogenlampenfabrik, Berlin SO., Muskauerstr. 32, Fig. 324 (Preis 80 Mk.), und

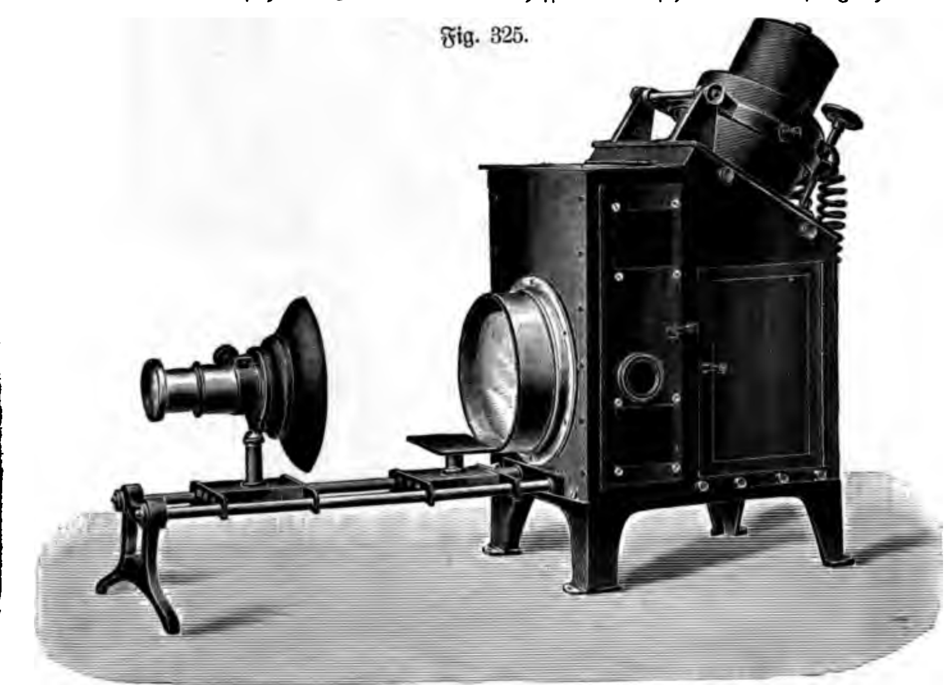
Fig. 324.



die ähnlich gestaltete Lampe von Dr. Stöhrer u. Sohn, Leipzig, bei welcher die Kohlen an Winkelhebeln befestigt sind, die durch Hineinschrauben eines Konus auseinandergedrückt werden können und sich beim Herausschrauben wieder nähern (Preis 35 Mk.).

Von automatischen Regulatoren ist wohl am verbreitetsten die Differentiallampe nach Krizik-Piette, welche von Schuckert u. Co. in Nürnberg gebaut wird. Der Mechanismus der Lampe (Fig. 326) ist äußerst einfach. Die beiden Kohlenhalter sind Messingröhren, in deren Höhlung ein konischer Eisenkern angebracht ist. Sie sind durch eine über eine Rolle gelegte Schnur miteinander verbunden und können sich im Innern von Drahtspulen verschieben. Anfänglich be-

Fig. 325.



rühren sich die Kohlenspitzen. Wird Strom durchgeleitet, so wird durch die Wirkung der Hauptstromspule der darin befindliche Halter in die Höhe gezogen, bis die Spannungsdifferenz der Kohlen so groß wird, daß der Strom in der Nebenschlußspule die Wirkung durch Heraufziehen des anderen Kohlenhalters kompensiert. Zur Führung dienen auf den Spulen befestigte Rollen.

Die Kohlen sind so dimensioniert, daß sie gleich schnell abbrennen, der Lichtpunkt also konstante Höhe behält.

Bei der Wechselstromlampe wird eine Aluminiumscheibe von zwei Wechselstromelektromagneten, von welchen der eine im Hauptstrom, der andere im Nebenschluß liegt in entgegengesetzter Richtung in Drehung versetzt (Fig. 327).

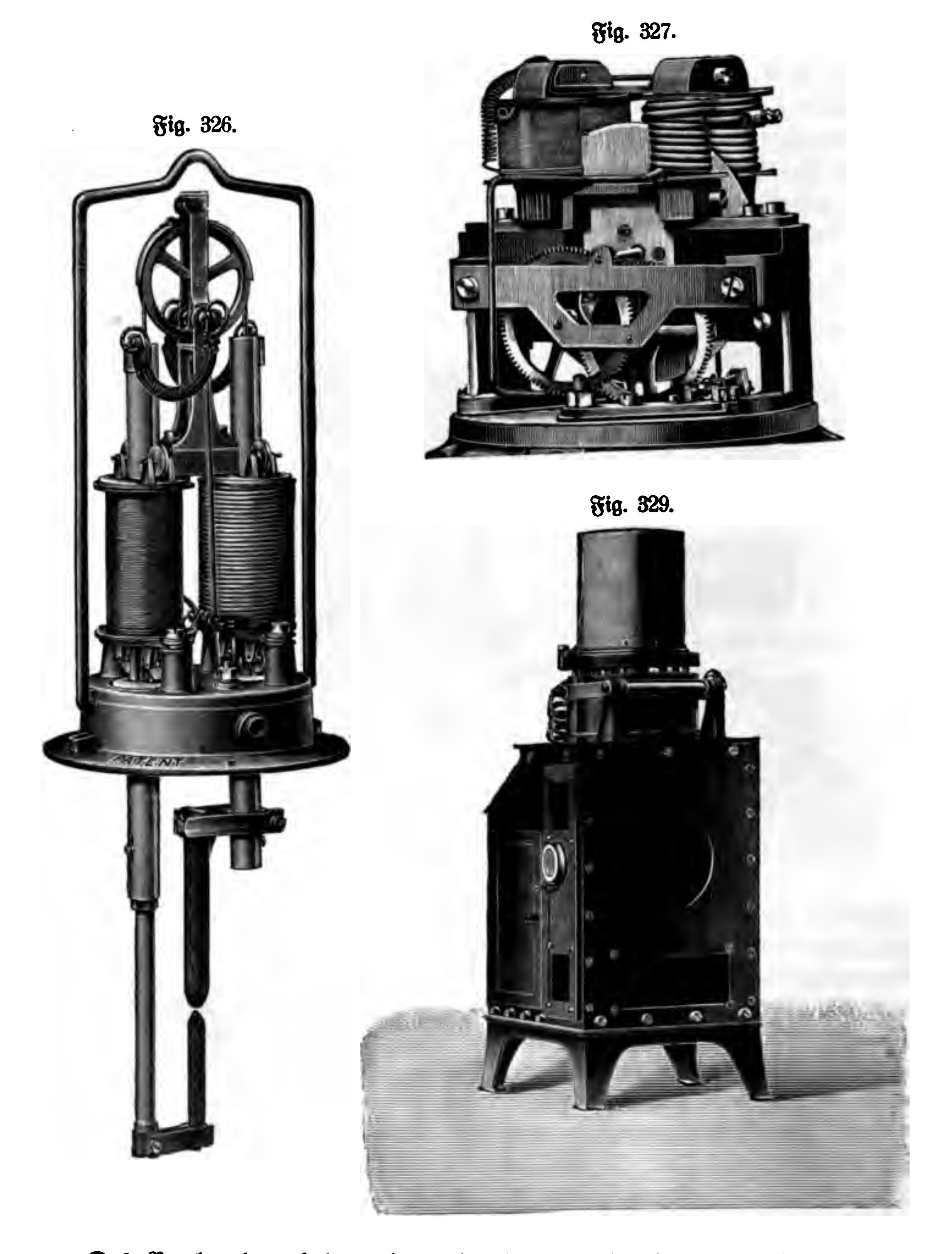
Gewöhnlich werden Laternen mit schräg stehender Lampe benutzt (Fig. 325, E, 355 bis 395). Fig. 328 zeigt eine solche, wie sie von Fueß in Steglitz bei Berlin geliefert wird. Troje empfiehlt, eine solche Laterne zu wählen, bei welcher sich die Lampe (für Spektralversuche) auch senkrecht stellen läßt (Fig. 329).

Eine andere billigere, aber weniger ruhig arbeitende Konstruktion ist die von Körting u. Mathiesen in Leutzsch-Leipzig. Die in den Figg. 330, 331 dargestellte Lampe ist zu beziehen von Dr. Stöhrer u. Sohn, Leipzig, zu 80 Mk.

Fig. 327.

Fig. 326.

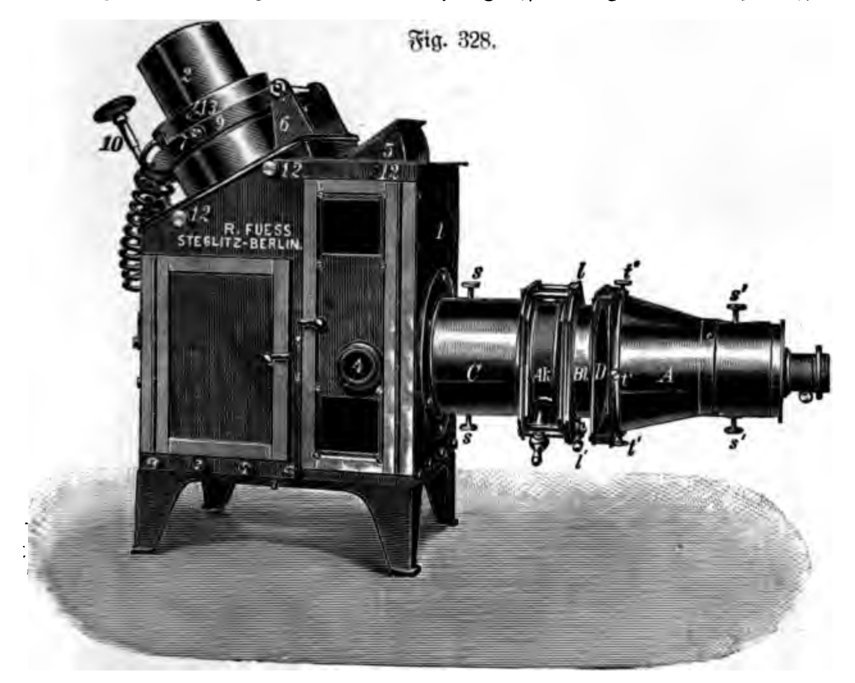
Fig. 329.



Das Regelwerk enthält zwei voneinander unabhängige Nebenschlußmagnete, von denen der eine die Bogenbildung, der andere den Nachschub der Kohlenstifte bewirkt. Die beiden beweglichen Kohlenhalter hängen an einer Kette, welche über die Rolle *c* läuft und von dieser mittels Friktion mitgenommen wird. Die Rolle *c*

ist fest mit einem Schneckenrad d verbunden, welches von der Schnecke e angetrieben wird; diese erhält wiederum ihre Bewegung von dem mit Selbstunterbrechung arbeitenden Magneten a, dessen Anker f mittelst Sperrkegel und Sperrrad g die Schnecke in Umdrehung versetzt. Der Lichtbogenbildner (Spule b) hat einen um l schwingenden Anker h, der sich auf Gleichgewicht zwischen magnetischer Anziehung und Zugkraft der Feder i einstellt. Jede Bewegung dieses Ankers wird durch die Zugstange m auf den Winkelhebel n übertragen, der eine Leitrolle o trägt, über welche die nach dem oberen Kohlenhalter führende Kette läuft. Dieser steht demnach unter dem Einfluß des Lichtbogenbildners und wird durch Spannungsänderungen gehoben oder gesenkt. Die Lichtbogenspannung wird durch Anspannen

Fig. 328.



oder Nachlassen der Spiralfeder p reguliert, wozu die Schraube f verstellbar eingerichtet ist. Anziehen erhöht, Nachlassen vermindert die Spannung. Die Lampe brennt gleich gut in senkrechter Lage, oder in Neigung zur Senkrechten bis zu 40°. Bei Bestellung ist genaue Angabe der Stromstärke und Spannung nötig.

Da vielfach auch noch ältere Lampen im Gebrauch sind, mögen nachstehend die wichtigsten derselben beschrieben werden.

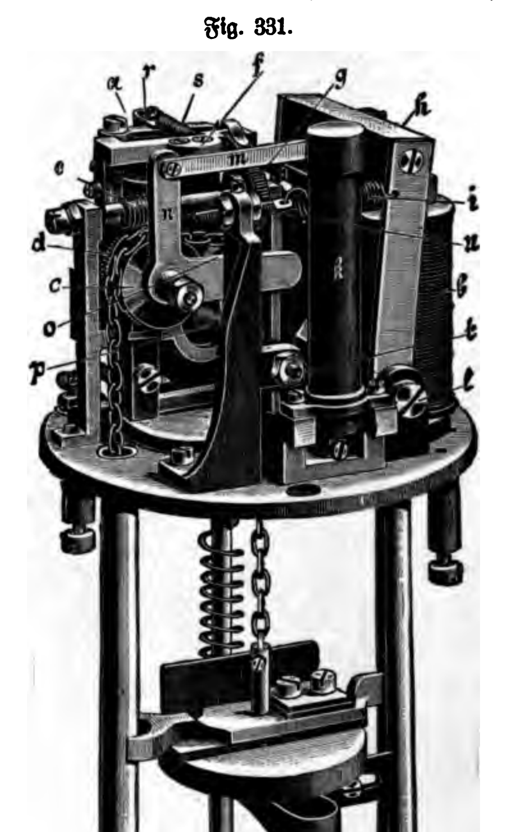
Duboscqs Regulator (Fig. 332). Das Uhrwerk M setzt die beiden Kohlenhalter EG und FG vermittelst Kettchen in Bewegung, und zwar sucht es dieselben stets einander zu nähern. Die Drehung des Uhrwerks wird durch den Windflügel R gemäßigt und durch ein an letzterem angebrachtes Rädchen b, in welches der Sperrhaken aaa eingreift, derart reguliert, daß es nur dann funktionieren kann, wenn infolge Abbrandes der Kohlenspitzen der die Spirale B durchlaufende Strom so geschwächt ist, daß die Anziehung des Ankers DD durch den Eisenkern ee nicht mehr zureicht, den Sperrhaken gegen das Rädchen b anzudrücken. Der Strom verläuft von P durch B, e, E, G, G', H, H nach N und kann nicht in das Uhrwerk eintreten, da das obere Kettchen bei JJ' durch ein Elfenbeinstäbchen unterbrochen

ist. Um feststehenden Lichtbogen zu erhalten, sind die Trommeln, auf welche sich die Kettchen aufwinden, von verschiedener Größe.

Foucaults Regulator (Fig. 333). Der positive Strom tritt durch die Klemmschraube C ein, umkreist den Elektromagneten E und gelangt nun durch den

Fig. 330.

Fig. 331.



Körper der Lampe in den unteren (positiven) Kohlenhalter D, von hier in den Halter H der oberen (negativen) Kohle, welcher vom Lampenkörper isoliert und mit Klemmschraube versehen ist. Die beiden Kohlenhalter laufen unten in Zahnstangen aus, die in zwei auf gleicher Achse befestigte Zahnräder L' eingreifen. Wird dieses Zahnräderpaar entgegengesetzt der Bewegung des Uhrzeigers gedreht, so entfernen sich die Kohlenspitzen voneinander, umgekehrt nähern sie sich. Die Drehung des Rades L' wird nun durch zwei Räderwerke bewirkt, welche ihren Antrieb durch die Federgehäuse L und L' erhalten und gehemmt werden durch die Windfänge O und O'

Geht zunächst kein Strom durch die Lampe, d. h. sind die Kohlenspitzen zu weit voneinander entfernt, so befindet sich der Anker F des Elektromagneten in seiner höchsten Stellung, in welcher er durch den Zug der Feder R gehalten wird. Infolgedessen ist das Stäbchen T nach rechts geneigt, und der Haken t an seinem

Ende hindert den Windfang O' des Uhrwerks, welches die Kohlenspitzen zu entfernen strebt, sich zu drehen, während der andere frei bleibt. Somit nähern sich zunächst die Kohlen bis zur Berührung. Nun kann der Strom hindurch, der Elektromagnet wird erregt, F heruntergezogen, T nach links geneigt, O' frei gegeben und dagegen

Fig. 332.

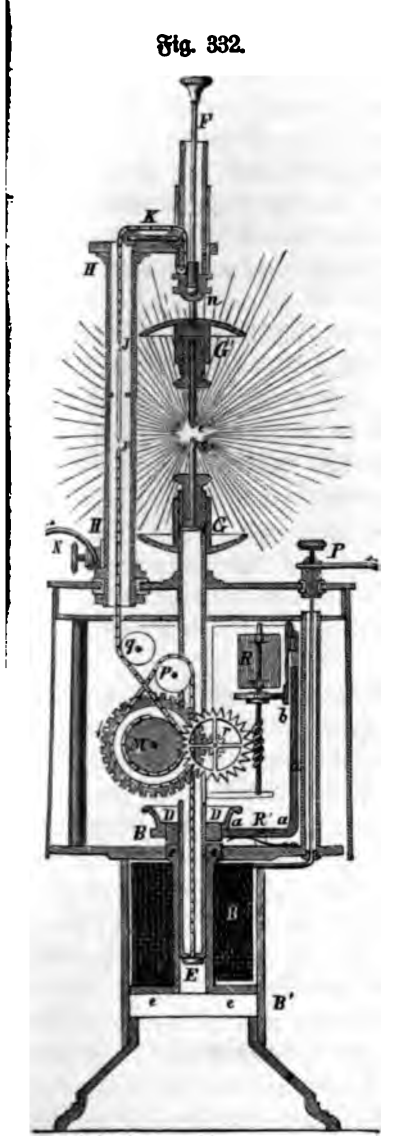
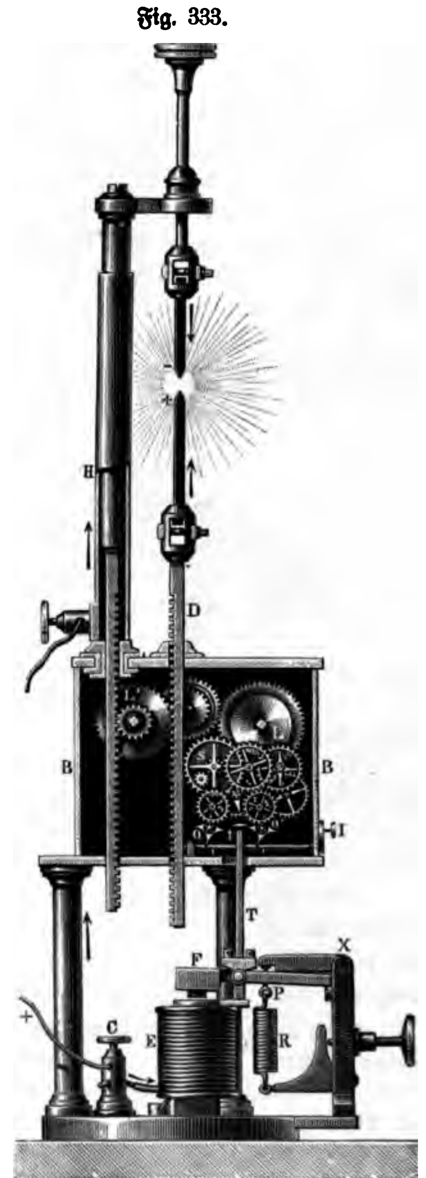


Fig. 333.



O gehemmt. Es kommt also nun das andere Uhrwerk zur Tätigkeit, welches die Kohlen voneinander entfernt. So bildet sich ein Lichtbogen, der immer länger wird, bis schließlich der Strom durch den zunehmenden Widerstand so sehr geschwächt wird, daß die Anziehungskraft des Elektromagneten die Zugkraft der Feder R nicht mehr überwinden kann. Dann reißt sich der Anker F los, T bewegt sich nach links und es kommt nunmehr wieder das Uhrwerk zur Geltung, welches die Kohlen

zu nähern sucht. Wird der Strom wieder hinreichend kräftig, um F anzuziehen, so tritt abermals ein Wechsel ein u. s. f., so daß die Länge des Lichtbogens nur innerhalb geringer Grenzen schwankt. Die Feder R kann, wie aus der Fig. 327 zu erkennen, durch die Schraube R mehr oder weniger angespannt werden, wodurch sich die Länge des Bogens regulieren läßt, da bei stark angespannter Feder der Anker schon bei relativ kräftigem Strome abgerissen wird, sich die Kohlenspitzen also nicht sehr weit voneinander entfernen können. Die Feder wirkt nicht direkt auf den Hebel, an welchem der Anker befestigt ist, sondern zunächst auf ein um die Achse X drehbares Metallstückchen, welches auf seiner Unterseite so gekrümmt ist, daß beim Niedergehen von F das Übersetzungsverhältnis des Hebels steigt, somit nicht allzu rasches Umkippen eintreten kann. Da das Zahnrad, welches auf D einwirkt, doppelt so großen Durchmesser hat, wie das andere, welches den oberen Kohlenhalter bewegt, so rückt die untere positive Kohle zweimal so rasch hinauf, wie die obere nach unten.

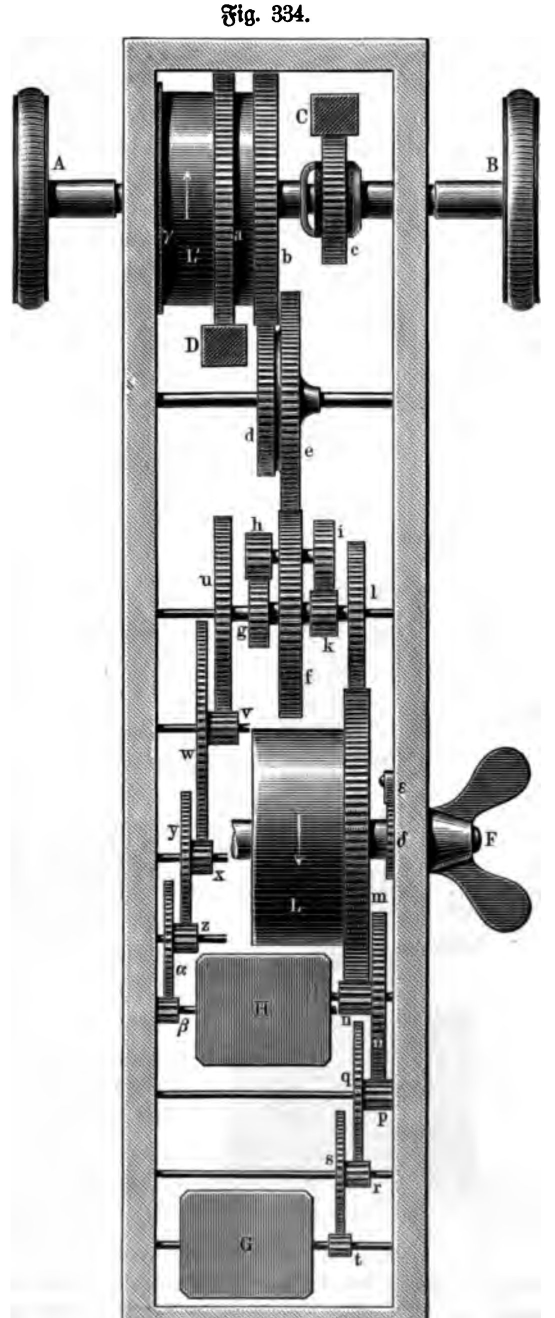
Die Lampe ist ferner so eingerichtet, daß man den Lichtbogen im Projektionsapparate zentrieren, d. h. höher oder tiefer stellen kann. Es läßt sich nämlich die obere Kohle unabhängig vom Uhrwerk heben und senken (wobei die untere Kohle automatisch nachrückt, beziehungsweise durch die obere heruntergedrückt wird), und außerdem können unabhängig vom Uhrwerk beide Kohlen voneinander entfernt oder einander genähert werden, was auch beim Einsetzen neuer Kohlenstäbe nötig ist.

Die Fig. 334 zeigt den etwas komplizierten Mechanismus der Lampe von oben betrachtet. Der Deutlichkeit halber sind dabei alle Räderachsen in gleicher Ebene gezeichnet, während sie in Wirklichkeit über- und untereinander stehen. Bei den Rädern w, y, α, β, m und o konnte deshalb immer nur ein Bruchstück der Achse gezeichnet werden.

Dreht man den Knopf A im Sinne des Uhrzeigers, so werden durch die auf seiner Achse befestigten Zahnräder a und c die Zahnstangen D und C des unteren bezw. oberen Kohlenhalters so bewegt, daß sich die Kohlenspitzen voneinander entfernen; gleichzeitig wird auch die in dem Federhause L' befindliche Feder, die einerseits an der Achse, andererseits an der fest mit der Wand des Uhrgehäuses verbundenen Platte γ befestigt ist, aufgezogen. Das Rad b setzt außerdem das Rad d in Bewegung, welches lose auf der Achse des Rades e sitzt. Eine Übertragung der Bewegung auf e findet nicht statt, da d und e nur durch ein Sperrrad mit Sperrzahn verbunden sind, welches nur die entgegengesetzt gerichtete Bewegung auf e übertragen kann. Läßt man nun den Knopf A los, so dreht er sich infolge der Kraft der Feder in L' von selbst wieder zurück, und die Kohlenspitzen nähern sich wieder. L' läuft dann im Sinne des gezeichneten Pfeils. Bei dieser Bewegung wird nun aber das Rad e von d mitgenommen, dieses überträgt die Bewegung auf f, in dessen Scheibe die Achse des Räderpaares $h\,i$ (des Satellitenrades) eingesetzt ist. Ist nun der Windflügel C an der Drehung gehindert, so gilt gleiches auch von den Rädern s, q, o, m, l und dem damit fest verbundenen k. f dagegen kann sich bewegen, da das Räderpaar $k\,l$ nur lose auf seiner Achse sitzt. Wenn sich also f dreht, so rollt das Rad i auf dem Umfange des fest stehenden Rades k, und infolgedessen wird durch das damit fest verbundene Rad h das ebenfalls lose auf der Achse von f sitzende Räderpaar $q\,u$ bewegt, welches die Bewegung weiter überträgt auf Trieb v mit Rad w, Trieb x mit Rad y, Trieb z mit Rad α, Trieb β mit Windflügel H. Solange sich also der

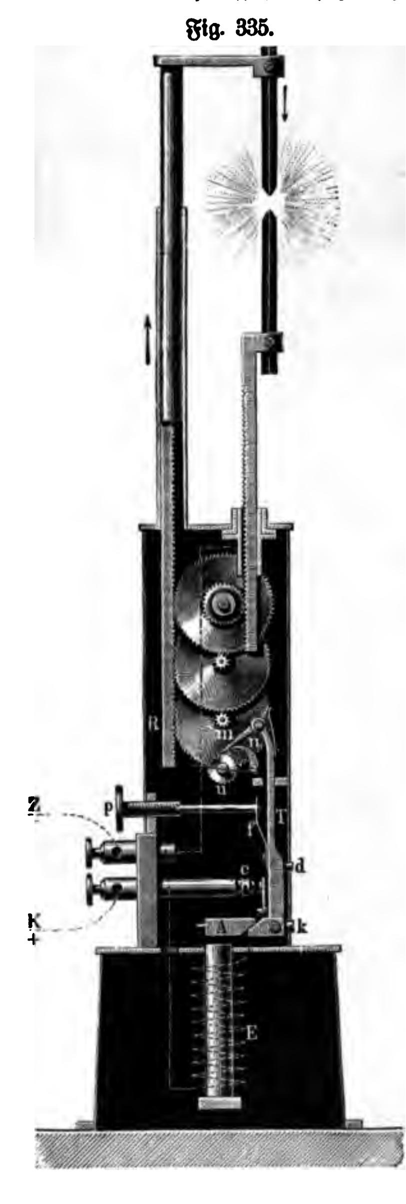
Windflügel H frei drehen kann, werden sich die Kohlenspitzen nähern. Wird aber H angehalten, so stehen sie still. Gesetzt nun, es werde H wirklich angehalten und dafür der Windflügel G freigegeben, dann kommt die im Federgehäuse L sitzende Feder zur Geltung, welche durch den Griff F durch eine Drehung im Sinne des Uhrzeigers aufgezogen wird. An der Achse von F befindet sich ein Sperrrad δ mit Sperrzahn ε, welches wohl diese Drehung der Achse gestattet, nicht aber die entgegengesetzte. Die Feder ist einerseits an die Achse, andererseits an dem Gehäuse L selbst befestigt. Da nun die Achse selbst sich nicht rückwärts drehen kann, so dreht die Feder das Gehäuse L im Sinne des Pfeils (also entgegengesetzt der Bewegung des Uhrzeigers) und damit auch das Rad n, welches die Bewegung auf Trieb n mit Rad o, Trieb p mit Rad q, Trieb r mit Rad s und Trieb t mit Windflügel G überträgt. Da G frei ist, können alle diese Drehungen stattfinden. Nun greift aber m außerdem in das Rad l ein. Somit dreht sich auch das lose auf der Achse von f sitzende Räderpaar $k\,l$, dadurch wird auch das Paar $h\,i$ gedreht, und h rollt auf dem Umfange des nun feststehenden Rades g. Dieses Rollen von h ist aber nur möglich, wenn f sich dreht, und zwar entgegengesetzt wie zuvor (als der Windflügel H frei war). Hierdurch wird nun aber auch das Paar $e\,d$ entgegengesetzt bewegt wie zuvor und auch das System der drei Räder $a\,b\,c$. Die Zahnstangen D und C bewegen sich also ebenfalls entgegengesetzt wie zuvor, und die Kohlenspitzen entfernen sich voneinander geradeso, als ob man an dem Knopfe A in der Richtung des Uhrzeigers drehte. Gleichzeitig wird auch die Feder in L' aufgezogen, es zieht also in diesem Falle eine Feder die andere auf.

Fig. 334.



An den Windflügeln G und H befinden sich nun die früher erwähnten Sperrädchen O und O', welche durch die Tätigkeit des Elektromagneten abwechselnd ausgelöst werden. Es ist hiernach ersichtlich, wie durch Hemmung des einen oder anderen die Kohlenspitzen sich nähern oder entfernen, und wie man durch Drehen an A ihre Entfernung unabhängig vom Uhrwerk vergrößern kann. Der Knopf B und das damit verbundene Rad c sitzen lose mit einiger Reibung auf der Achse von A, wodurch es möglich ist, c allein zu drehen und den oberen Kohlenhalter C zu verschieben. Das Rad c ist durch Ebonit isoliert.

Fig. 335.

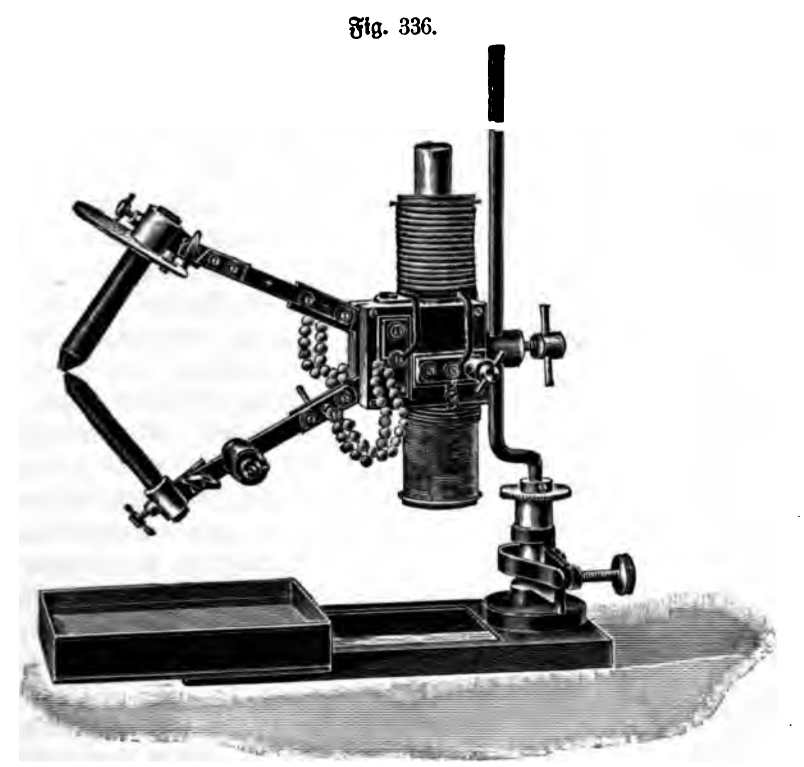


v. Hefner-Alteneckscher Regulator (Fig. 335). Der positive Strom tritt durch die isolierte Klemme K ein, durchfließt die Windungen des Elektromagneten E und gelangt dann durch den Körper der Lampe in die obere Kohle, von hier durch den Lichtbogen in die untere vom Lampenkörper isolierte Kohle und durch den punktiert angedeuteten Draht zur negativen Klemme Z. Die Kohlenträger laufen nach unten in Zahnstangen aus, die ebenso wie bei der vorigen Lampe in zwei ungleich große Zahnräder eingreifen, die auf derselben Achse befestigt sind. Da nun der Halter der oberen Kohle wesentlich schwerer ist als der andere und auch an einem längeren Hebelarm angreift, drehen sich die Zahnräder, falls sie nicht angehalten werden, einzig durch das Übergewicht des oberen Halters so, daß sich die Kohlen nähern. Ist nun hierdurch Kontakt hergestellt, so daß der Strom hindurchfließt, so wird der Anker A des Elektromagneten angezogen, dadurch aber der um K drehbare Hebel T nach links gedreht, so daß der Zahn m in das schief gezahnte Rädchen n eingreift und dasselbe etwas zurückdreht, also die Kohlen sich um eine kleine Strecke voneinander entfernen. Gleichzeitig wird nun aber bei c ein Kontakt hergestellt, so daß der Strom nicht mehr einzig um E fließt und die Anziehungskraft des Elektromagneten nicht mehr ausreicht, den Anker und damit den Hebel T entgegen der Wirkung der Feder f zu verschieben. Der Hebel sinkt deshalb wieder zurück, alsbald wird der Kontakt bei c wieder unterbrochen, somit der Hebel wieder nach links geschoben, derselbe kommt somit in regelmäßige Oszillationen, ähnlich wie ein magnetischer Hammer, und bei jeder Oszillation wird durch den Zahn m das Rädchen n um einen Zahn weiter rückwärts gedreht. Die Kohlen rücken immer weiter auseinander, bis schließlich der Strom zu schwach wird, um das Spiel des

Hebels T zu unterhalten. Dann gibt der Zahn m das Rädchen u wieder frei, die Kohlen nähern sich etwas, werden alsbald wieder angehalten u. s. w., so daß ihre Entfernung nahezu konstant bleibt.

Soll der Lichtbogen höher oder tiefer gestellt werden, so schiebt man zunächst durch Drehen an dem Griff des obersten Rades die Kohlen genügend weit auseinander, legt alsdann einen kleinen Zeiger unten am Gehäuse, welcher während der Tätigkeit der Lampe nach links zeigt, um, bis er die äußerste Stellung nach rechts hat, d. h. das Uhrwerk hemmt, drückt nun den genannten Griff möglichst tief in das Gehäuse hinein, wobei das die obere Kohle bewegende Zahnrad frei

Fig. 336.



wird, dreht so lange, bis die untere Kohle etwas unter dem gewünschten Stande steht, zieht den Griff wieder zurück, legt den Zeiger nach links und überläßt nun das Wiederzusammenschieben der Kohlen dem Uhrwerk.

Bezüglich der Einregulierung der Lichtbogenlänge mittels der Schrauben p und k sei auf die den Lampen beigegebene Gebrauchsanweisung verwiesen.

Die obere Kohle läßt sich durch Regulierschrauben am Kopfe des Halters gegen die untere zurückstellen. Zum Schrägstellen der Lampe ist nötig, das Regulierwerk mit einer zweiten Feder zu versehen, welche die verminderte Wirkung der Schwere auf die Kohlenhalter ergänzt. Auf Wunsch wird eine solche Vorrichtung mitgeliefert. Die Lampe wird von Siemens und Halske in Berlin in zwei Größen zu 20 und 40 Ampere gebaut [Preis 225 Mk.] [1]).

[1]) Andere Lampenkonstruktionen für Projektion liefern E. und E. Fein, elektrotechnische Fabrik in Stuttgart; Edelmann, physikalisches Institut, München; R. Weinert, Berlin SO., Muskauerstr. 32 (Fig. 336, Preis 100 Mk.) u. a.

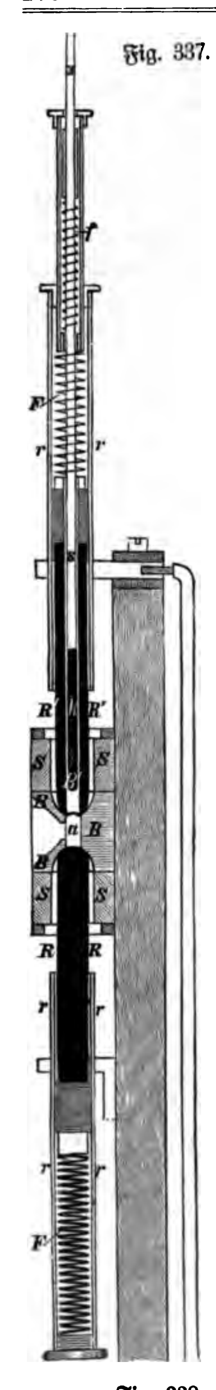


Fig. 337.

Rühlmanns Lampe (Fig. 337) ist eine Abänderung der **Soleillampe**. Die Kohlen R und R' werden durch Federn in die Höhlungen eines Stückes Dolomit eingepreßt. Die negative Kohle ist hohl und birgt einen dünnen, verschiebbaren Kohlenstift zum Anzünden des Lichtbogens. Es empfiehlt sich, den Anzündestift, nachdem er mit der unteren Kohle in Kontakt gebracht wurde und den Lichtbogen hervorgerufen hat, möglichst langsam aufzuziehen, damit sich der Bogen langsam vergrößere und die benachbarten Teile des Mineralblockes allmählich anwärmen. Die geringe Haltbarkeit des Dolomitstückes dürfte übrigens die guten Eigenschaften der Lampe kompensieren. Sie ist zu beziehen von **M. Kohl** in Chemnitz zu 90 Mk.

Nachdem in neuerer Zeit in den **Nernstschen Glühkörpern** und den Stiften von **Raschs elektrolytischer Bogenlampe** Körper gefunden sind, welche dauernd hohe Temperatur ertragen können, dürfte sich vielleicht der Versuch empfehlen, den Dolomit durch solche Körper zu ersetzen. Ferner könnte die Lampe als **Drehstromlampe** ausgebildet werden, indem man vor dem elektrolytischen Glühkörper drei sternförmig angeordnete Kohlenstäbe (besser **Raschs** Elektrolytstäbe) anbringt, zwischen welchen sich ein sternförmiger Lichtbogen bildet, dessen Mitte den Glühkörper zu heller Weißglut erhitzt (Fig. 338). Eine solche Projektionslampe hätte den großen Vorzug, daß das Licht von einer verhältnismäßig großen runden, ganz unveränderlichen hellen Fläche ausgeht und ein komplizierter Reguliermechanismus nicht erforderlich ist. Da manche Zentralen Drehstrom liefern, so würde sie ferner die Möglichkeit bieten, solchen direkt (ohne vorherige Umformung in Gleichstrom) auszunutzen.

c) **Der Kondensor**[1]). Die gebräuchlichen **Formate von Diapositiven** (in Centimetern) sind (nach **Leiß**) die nachstehenden: $7^{1}/_{2} \times 7^{1}/_{2}$ bis $8^{1}/_{2} \times 10$ (100 bis 105); $8^{1}/_{2} \times 10$ bis 9×12 (125 bis 140); 9×12 bis 13×13 (140 bis 155) und 13×18 (220 bis 230). Die in Klammern beigefügten Zahlen geben die Durchmesser der erforderlichen **Kondensorsysteme** in Millimetern.

Die **Fassung** der Kondensationslinsen, die sehr heiß werden, darf nicht allzu dicht sein, damit nicht durch ungleichmäßige Ausdehnung Springen eintritt. Die Linsen

Fig. 338.

[1]) Über die Konstruktion der Beleuchtungslinsen siehe **Neuhauß**, l. c., S. 7. Bezugsquellen sind: **Gebr. Picht u. Co.** (Rathenow); Rathenower optische Industrieanstalt vormals **Emil Busch**, Rathenow; **G. Rodenstock**, München. Scheiben aus **Hartglas** liefern: **Fr. Siemens**, Dresden; **Schmidt u. Haensch**, Berlin u. a.

müssen sich aus den Fassungen herausnehmen lassen, damit man sie putzen kann. Durch Luftlöcher in den Fassungen muß für Ventilation zur Abkühlung der Linsen gesorgt sein. Jedenfalls müssen sie durch eine in wenig Millimeter Abstand lose befestigte Schutzplatte aus Hartglas oder ein Glimmerblatt gegen direkte plötzliche Erhitzung geschützt sein. Glimmerplatten sind weniger durchsichtig als Hartglasplatten, letztere aber können explosionsartig in kleine Splitter zerspringen, was allerdings selten vorkommt. Wenn man mit sehr intensivem Licht arbeitet, läßt sich freilich bei den üblichen Apparaten das Zerspringen der Linsen schwer vermeiden, und man muß deshalb einige in Vorrat haben. Vielleicht ließe sich dem Erhitzen dadurch vorbeugen, daß man die Kondensationslinsen durch einen im Inneren der Lampe darauf geleiteten kräftigen Luftstrom bespülen läßt, zu dessen Erzeugung das durch den Motor in Bewegung gesetzte akustische Gebläse dienen könnte.

Sprünge in den Kondensationslinsen, selbst Schlieren sind immer störend, namentlich bei gewissen Objektiven, kleine Luftbläschen dagegen bringen keine merkliche Störung, falls sie sich nicht auf der dem zu projizierenden Bilde zugewandten Seite befinden. Die Linsen können daher auch aus Glassorten bestehen, die zu Objektivlinsen nicht verwendbar sind.

Ehe man das Objektiv aufsetzt, überzeugt man sich davon, daß der Lichtpunkt der Lampe die richtige Stellung zu den Kondensationslinsen hat, d. h. das Gesichtsfeld gleichmäßig hell erleuchtet erscheint. Zeigt es einen dunkeln Rand, so ist der Abstand des Lichtpunktes zu groß, erscheint der Rand heller, so ist er zu klein, und erscheint eine Seite heller erleuchtet als die andere, so steht der Lichtpunkt nicht in der Achse und muß etwas nach der Richtung der helleren Seite des Gesichtsfeldes verschoben werden. Erst nachdem diese Zentrierung der Lichtquelle vorgenommen ist, darf das Objektiv aufgeschraubt werden.

Bei 10, 12, 15 cm Linsendurchmesser beträgt der nötige Lichtquellenabstand beziehungsweise etwa 15, 18 und 22,5 cm.

Die Lichtverhältnisse werden stets ungünstiger, wenn die Lichtquelle weiter vom Kondensor entfernt ist als notwendig ist, um achsenparalleles Licht zu haben. Größere Nähe bringt nur kleinen Gewinn und hat verschiedene Nachteile in anderer Beziehung.

Für Bilder von 9, 10, 12 cm Durchmesser sind Kondensoren von bezw. 10, 12 und 16 cm Durchmesser erforderlich. Kann man durch keine Stellung der Lampe scharfe Begrenzung des Gesichtsfeldes erreichen, so ist die Winkelöffnung des Objektivs für den benutzten Kondensator zu klein, man muß also entweder einen kleineren Kondensor oder ein anderes Objektiv verwenden.

d) Das Objektiv (Fig. 339). Die gewöhnlich gebrauchte Vergrößerung ist etwa 30- bis 40fach. Den Schirmabstand wählt man für die vier oben genannten Kondensorsysteme zu beziehungsweise 4 bis 5, 6 bis 7, 7 bis 8 und 8 bis 10 m. Hiernach ergibt sich die Brennweite des erforderlichen Objektivs, indem dieselbe gleich ist dem Schirmabstand, dividiert durch die Vergrößerung.

Die Einstellung erfolgt am besten mit Zahnstange und Trieb, wie Fig. 340 zeigt.

Ich benutze als Projektionslinse einen Steinheilschen Antiplanet von 76 mm Brennweite, als Kondensor ein System von Krüß von 16 cm Durchmesser mit vorgeschalteter Hartglasschutzplatte. Man kann dieses Linsensystem sowohl für Projektionen auf den großen wie auf den kleinen Schirm gebrauchen, und zwar für Gegenstände bis zu 12 cm Durchmesser.

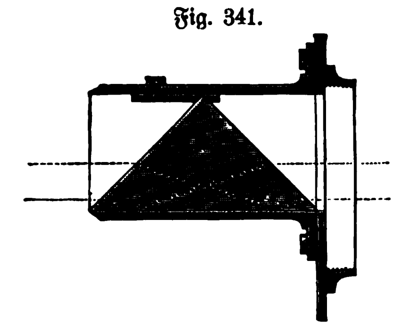
Früher, als man gewöhnlich mit durchfallendem Licht projizierte, also den Apparat hinter dem weißen Schirm aufstellte, war man genötigt, Objektive von kurzer Brennweite zu verwenden, heute wird meist über die Köpfe der Zuschauer hinweg auf die Vorderseite des Schirms projiziert, es sind also Objektive mit großer Brennweite erforderlich, welche auch weit größere Lichtausnutzung gestattet.

Gewöhnlich werden Steinheilsche Gruppen-Antiplanete mit den Brennweiten 14,4, 18,4 und 24 cm benutzt. Das Objektiv braucht übrigens, wenn die Lichtquelle eine punktförmige ist, durchaus nicht ein besonders gut korrigiertes und deshalb kostbares zu sein. Die Anwendung eines solchen empfiehlt sich auch deshalb nicht, weil (wenigstens bei Anwendung von elektrischem Bogenlicht), namentlich bei



Fig. 339.


Fig. 340.

Fig. 341.


Abwesenheit einer Kühlkammer, die Erwärmung sehr beträchtlich wird und deshalb unter Umständen der die Linsen verbindende Kanadabalsam schmilzt oder gar die Linsen springen. Es soll so aufgestellt sein, daß seine Hinterlinse von dem Strahlenkegel nahezu ausgefüllt wird.

Die günstigsten Lichtverhältnisse liefern Objektive mit großem Linsendurchmesser und großer Brennweite. Im allgemeinen ist ein kleineres, aber helleres Bild einem größeren dunkleren vorzuziehen. Unvorteilhaft ist es auch in kleinen Sälen, d. h. bei kleinem Abstand der Zuschauer vom Schirm auf sehr große Schirme zu projizieren, da dann das Bild nicht in allen Teilen mit einem Mal übersehen werden kann und deshalb der richtige Eindruck nicht zu stande kommt.

Während des Wechselns der Bilder wird gewöhnlich der Objektivdeckel aufgesetzt. Derartige plötzliche Verdunkelungen und Wiedererhellungen des Gesichtsfeldes sind für den Zuschauer sehr unangenehm, besonders wenn sie rasch folgen. Neuhauß empfiehlt deshalb einen Deckel aus dünnem Papier oder Mattglas zu verwenden, wobei die Verfinsterung keine vollständige ist.

Zuweilen ist es erwünscht, rasch wechselnde Vergrößerungen herstellen zu können. Zu diesem Zwecke hat Crova (s. Beiblätter 1881, S. 502) ein besonderes Objektiv konstruiert, bestehend aus einer plankonvexen und plankonkaven Linse. Durch Änderung der Distanz der beiden Linsen ändert sich die Vergrößerung innerhalb weiter Grenzen.

Ferner erweist es sich zuweilen erwünscht, das Bild umzukehren. Zu diesem Zwecke wird in den Gang der Lichtstrahlen ein rechtwinkliges Glasprisma (Reversionsprisma, Fig. 341, E 36) oder auch ein Metallspiegel eingeschaltet.

e) Der Kühltrog. Auch die zu projizierenden Bilder, sowie das Objektiv müssen bei stärkeren Strömen und länger dauernden Versuchen gegen allzu starke Erhitzung geschützt werden. Man benutzt dazu gewöhnlich Glaströge mit planparallelen Wänden (Fig. 342, E 32), welche mit destilliertem Wasser gefüllt werden. Gewöhnliches Wasser ist im allgemeinen nicht zu brauchen, da sich die Wände bald durch Kalkausscheidung trüben. Aus diesem Grunde muß sich auch die Innenseite der Glasflächen leicht reinigen lassen. Nach und nach scheiden sich aus dem Wasser Luftbläschen ab, welche den Durchgang des Lichtes hindern und deshalb zeitweise mit einer Federfahne entfernt werden müssen. Um dies zu vermeiden, muß das Wasser zur Füllung der Absorptionskammer gut ausgekocht werden.

Fig. 342.



Für länger dauernde Projektionen benutze ich Kühltröge, an deren Wand eine Kühlschlange aus dünnem Zinnrohr entlang geführt ist, welche beständig von kaltem Wasser durchströmt wird. Zu diesem Zwecke ist die Wasserleitung nebst Abfluß bis zu dem Häuschen geführt. Die Abflußleitung kann aus einem dünnen Gasrohr bestehen, welches in den Abfluß des Experimentiertisches mündet, da Unreinigkeiten bei dieser Benutzung ausgeschlossen sind [1]).

Fig. 343.



Die Kühlkammer kann nicht wohl zwischen Lichtquelle und Kondensor gesetzt werden, da sie sich, falls nicht durch eine Kühlschlange Vorsorge getroffen ist, allzu sehr erhitzt und die der Lichtquelle zugewendete Glasscheibe infolge ungleichmäßiger Erwärmung leicht zerspringt. Die Dicke der Flüssigkeit muß mindestens 3 cm betragen.

[1]) Bellington (Beiblätter 22, 809, 1898) empfiehlt als Wärmeabsorptionsmittel Glycerin, welches nicht so leicht wie Wasser zum Kochen kommt, indes die Apparate beschmutzt. Früher benutzte man häufig konzentrierte Alaunlösung, in welche man noch einige Alaunkristalle einlegte, die allmählich in dem Maße, als sich die Lösung erwärmt, aufgelöst werden. In der Tat ist nach T. C. Porter (1891) die Absorption von Wärmestrahlen in Alaunlösung sehr viel größer als in Wasser, nach Bidwell (1891) soll sie dagegen eher kleiner sein. Stärker als Wasser absorbiert die Wärmestrahlen nach Neuhauß 5 proz. Eisenchlorürlösung, doch hat dieselbe störende grünliche Farbe.

f) Der Bildträger. Zum Einschieben der Projektionsbilder dient der Bildträger, welcher in der Nähe des Kondensors befestigt wird und zum Abblenden störender seitlicher Strahlen nach beiden Seiten hin einen Blechrohransatz trägt, gegen das Objektiv hin einen solchen von konischer Form. Der Träger hat oben und unten Führungen von genügender Weite, um darin die Bilder bequem verschieben zu können. Bei der von mir benutzten Einrichtung wird ein Bild nach dem anderen eingeschoben, so daß jedes durch das nächste verdrängt wird und durch einen auf der anderen Seite stehenden Gehilfen in Empfang genommen werden kann. So läßt sich ohne störende Unterbrechung eine große Menge von Bildern zeigen. Gewöhnlich werden indes die Bilder nicht direkt in die Führungen eingeschoben, sondern in diesen gleitet wie aus Fig. 343 (nach einer von Fueß zu beziehenden Wechselvorrichtung) zu erkennen, ein Brettchen (Schieber) mit zwei Öffnungen, vor welche die Bilder von oben in Führungen hinuntergeschoben werden können. Eine selbsttätige aus den Fig. 344 u. 345 zu ersehende Vorrichtung bewirkt, daß, wenn man diese Schieber nach der einen Seite bewegt, das dort befindliche Bild sich hebt, somit leicht herausgenommen werden und durch ein neues ersetzt werden kann [1]).

Fig. 344.



Fig. 345.



Fig. 346.



Die Bilder dürfen nicht aus einem kalten Raum unmittelbar vor der Projektion in den Saal gebracht werden, da sie sonst beschlagen und dunkel erscheinen.

g) Der Projektionsschirm. Die Projektionsschirme bestehen gewöhnlich aus Leinwand oder Schirting [2]).

---

[1]) Fig. 346 zeigt einen Bildhalter von E. Liesegang in Düsseldorf (Preis 1 bis 1,5 Mk.). Die Firma liefert ferner: Doppel-Bildhalter mit zwei Öffnungen zum schnellen Wechseln der Bilder (4 bis 6 Mk.); Glasbilder-Kassetten, welche in die Bildhalter passen und in welche Bilder verschiedener Größe eingesetzt werden können (2,5 bis 4 Mk.); „Automat-Bildhalter", welche Bilder verschiedener Formate selbsttätig zentrieren und Rapid-Wechsler, bei welchen die Bilder von derselben Seite eingesetzt und herausgenommen werden und der Wechsel durch einen besonderen Mechanismus momentan bewirkt wird. — [2]) 3 bis 5 m breite Schirtings liefert Chr. George, Berlin, Breitestr. 25; solche bis 6 m Breite A. Krüß, Hamburg, Adolfsbrücke 7.

Schirme für durchfallendes Licht werden nur noch selten gebraucht. Man befeuchtet sie, um sie mehr durchscheinend zu machen, durch Anspritzen mittels einer Spritze [1]) mit Wasser.

Um zu schnelles Austrocknen zu verhindern, wird dem Wasser zuweilen Glycerin zugesetzt. Auch Pausleinwand kann Anwendung finden.

Hagenbach und Landolt empfehlen, den Projektionsschirm mit Magnesia alba und Leimwasser (Gelatine) anzustreichen. Ist die Leinwand sehr durchscheinend, so muß man sie zuvor auf beiden Seiten mit Deckfarbe (Zinkweiß oder, wenn des Gewichtes wegen nicht unmöglich, mit Bleiweiß) anstreichen [2]). Die Leinwand muß so an der Welle befestigt sein, daß die Kette vertikal, der Einschlag also horizontal läuft.

Leinwandschirme, die auf eine Welle aufgerollt werden, werden leicht faltig infolge der Durchbiegung der Wellen. Bei Herstellung eines großen Projektionsschirmes muß man daher eine hohle Walze (Blechtrommel) von möglichst großem Durchmesser als Welle verwenden.

Auch bei kleineren Schirmen sind dicke Walzen schon deshalb empfehlenswert, weil dann das Auf- und Abwinden weniger Zeit beansprucht. Zum Festklemmen der Schnur wählt man aus gleichem Grunde eine selbsttätige Klemme, welche sich beim Anziehen der Schnur von selbst öffnet, beim Loslassen derselben dagegen sich um so fester zusammenzieht, je größer der Zug ist. In Eisenhandlungen sind solche in verschiedener Konstruktion käuflich.

Fig. 347.



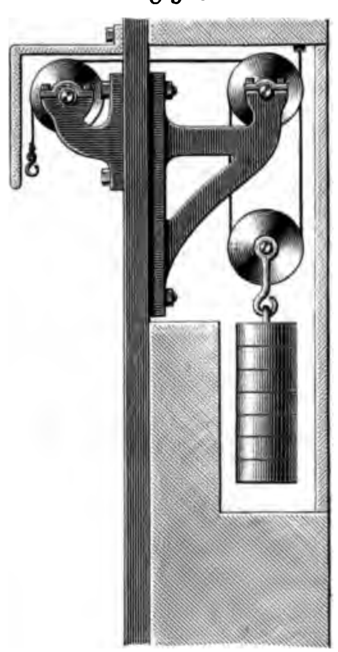
Der große Projektionsvorhang des Karlsruher Auditoriums mit 36 qm Fläche (*gh*, Fig. 3, S. 11) ist rechts und links, wie aus der Figur ersichtlich, mit Schnurrollen versehen. Es gewährt diese Einrichtung den Vorteil, daß bei Versagen der einen Schnur der schwere Vorhang nicht stoßweise herabkommen und dabei reißen oder anderweitiges Unheil anrichten kann, da hier der Einfachheit halber auf Verwendung eines Gegengewichtes verzichtet wurde. Wollte man ein solches anbringen, so könnte man nach Anleitung von Fig. 348 verfahren. Während man die Leinwand abwickelt, wickeln sich gleichzeitig auf die Fortsätze der Welle zur Rechten und zur Linken Schnüre auf, an welchen mittels Flaschenzuges in der Wand verborgene Gewichte hängen, die das Bestreben haben, den Vorhang wieder aufzurollen.

[1]) Eine Wasserspritze zum schnellen Anfeuchten von transparenter Leinwand liefert Liesegang zu 3,5 Mk. — [2]) Die Firma Zeiß empfiehlt den Vorhang mit Zinkweißleimfarbe zu bestreichen und vor dem völligen Trocknen mittels eines Zerstäubers mit feinst geschlemmter Kreide zu überpudern.

An der unteren Stange des Schirmes sind zwei durch eine Schnur verbundene Ringe angebracht, an welchen er mittels einer Stange mit Haken herabgezogen werden kann. Diese Ringe lassen sich in zwei in der Nähe des Fußbodens eingelassene Haken einhaken, so daß der Schirm gespannt bleibt. Wird der Schirm nicht mehr gebraucht, so hakt man die beiden Ringe wieder ab und läßt den Vorhang mittels der Hakenstange langsam in die Höhe steigen. Dabei ist zu beachten, daß der Zug des Gewichtes um so mehr überwiegt, je weiter sich der Vorhang aufgerollt hat. Diese Schwierigkeit läßt sich beseitigen, wenn das Gewicht aus mehreren durch Ketten verbundenen Teilen besteht, die nacheinander auf die Unterlage aufstoßen und da-



Fig. 348. Fig. 349.





durch außer Wirkung gesetzt werden. Daß die Zapfen der Welle hinreichend sicher gelagert sein müssen, versteht sich von selbst; eine nähere Beschreibung des Mechanismus, den jeder Schlosser ausführen kann, erscheint unnötig.

Man kann auch, wie Fig. 347 (K 45 bis 55) zeigt, die Walze unten an den Schirm anbringen, so daß dieser dadurch zugleich gespannt wird.

Transportable, leicht zerlegbare Gestelle für Projektionsschirme nach Fig. 349 liefert E. Liesegang in Düsseldorf zu 28 bis 60 Mk.

h) Die Horizontalprojektion. Lassen sich die Objekte, wie es gerade bei physikalischen und chemischen Experimenten der Fall ist, nicht wohl vertikal stellen, so setzt man vor die Kondensierungslinsen den in Figg. 350 und 351 abgebildeten Apparat, in welchem das Licht zweimal durch Spiegel, von welchen der obere auch ein Prisma sein kann, rechtwinklig gebrochen wird, also zwischen beiden Spiegeln vertikal verläuft, so daß hier unterhalb des Objektivs ein horizontales Präparat eingeschaltet werden kann.

i) Die Doppelprojektionsapparate. Werden zwei gleiche Projektionsapparate so aufgestellt, daß sich die Lichtkreise auf einem Schirm genau decken, so

kann man ganz allmählich ein Bild in ein anderes übergehen lassen, indem man die Öffnung des einen Objektivs stetig verengt, die des anderen erweitert, wodurch die Lichtstärke des ersten Bildes immer kleiner wird, während die des zweiten bis

Fig. 350.

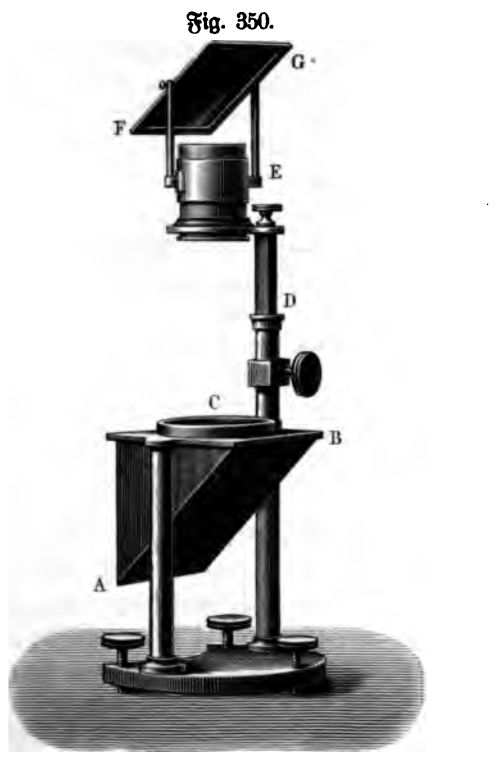
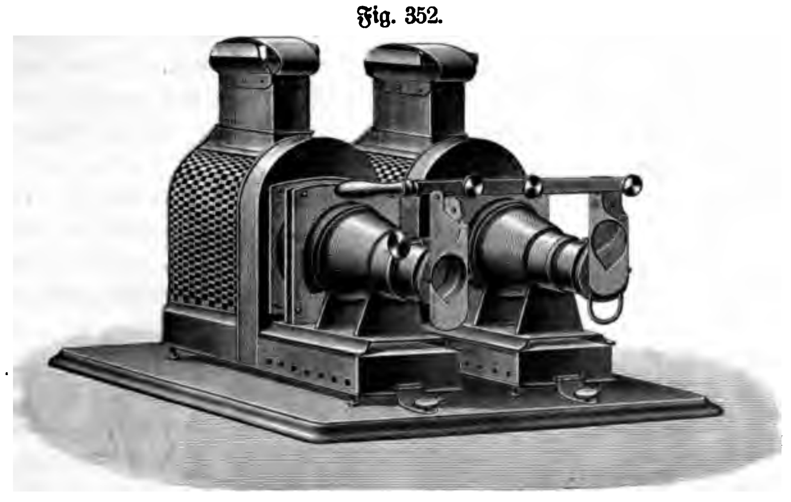


Fig. 351.



Fig. 352.



zur vollen Stärke anwächst. Die Veränderung der Öffnung der Objektive wird durch Diaphragmen mit veränderlicher Öffnung (Irisblenden) bewirkt. In einfacher Weise wird ein solches erhalten durch Übereinanderschieben zweier gabelförmig ausgeschnittener Blechstreifen, Fig. 352 (Katzenauge). Schiebt man diese Streifen gegeneinander oder entfernt sie, so wird die Öffnung kleiner, be-

ziehungsweise größer. Die Diaphragmen der beiden Apparate werden derart miteinander verbunden, daß das eine sich öffnet, während das andere sich schließt. (Zu beziehen von Liesegang, Düsseldorf.)

Bei Kalklichtprojektionsapparaten läßt man die Öffnungen der Objektive ungeändert und bewirkt die Änderungen der Helligkeit durch Regulieren des Sauerstoffhahnes. Zu diesem Zwecke ist ein Verteilungshahn angebracht (Fig. 353, vorn an der Fußplatte), der bei Drehung im einen Sinne mehr Sauerstoff zur einen Lampe leitet, bei Drehung im anderen Sinne zur anderen. Hierdurch wird nicht allein der Zweck besser erreicht als durch Diaphragmen, sondern gleichzeitig auch der Sauerstoffverbrauch auf die Hälfte vermindert. (Zu beziehen von Liesegang, Düsseldorf zu 180 Mk.)

Fig. 353.



Man kann natürlich ebenso auch drei Projektionsapparate miteinander verbinden. Gewöhnlich werden zwei von diesen Projektionsapparaten nicht abwechselnd, sondern gleichzeitig benutzt. Man kann z. B. mit dem einen ein Landschaftsbild projizieren, mit dem anderen den Mond, der sich dann in der Landschaft fortbewegt, wenn man das Bild in der Laterne bewegt. Ist das bewegliche Objekt undurchsichtig, so wird es auf eine zweite Glasplatte gemalt, welche in derselben Laterne unmittelbar vor oder hinter dem Bilde angebracht wird, so daß die beiden Bildseiten gegeneinander gewendet sind.

k) Stereoskopische Projektionen. Nach D'Almeida und Woodbury (1884 und 1894) kann man stereoskopische Projektionen ausführen mittels zweier Projektionsapparate, vor deren Objektiven eine Scheibe rotiert, welche abwechselnd das eine Objektiv schließt und das andere öffnet. Eine entsprechende und synchronlaufende Scheibe muß sich vor den Augen des Beobachters drehen.

Ferner kann man die beiden Bilder nebeneinander projizieren und durch eine nach Art eines Stereoskops wirkende Brille beobachten.

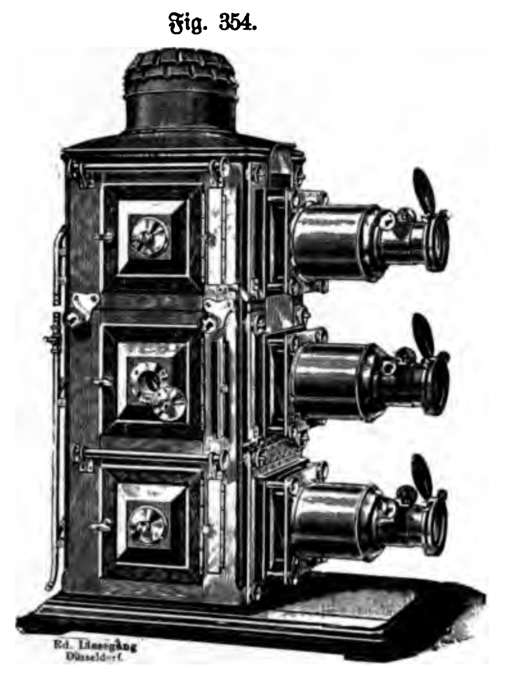
Anderton projiziert die beiden Teilbilder mit verschieden polarisiertem Lichte auf matte Silberfolie. Die Zuschauer erhalten Brillen mit entsprechend gestellten Nicolschen Prismen[1]).

Das beste, von Rollmann (Pogg. Ann. 90, 186, 1853), D'Almeida (1858) und Petzold (Laterna magica 1897, Photogr. Rundschau 1900, S. 145) ausgebildete

[1]) E. Liesegang in Düsseldorf liefert einen hierzu geeigneten Doppelprojektionsapparat zu 450 Mk.; ein Paar Polarisatoren allein zu 180 Mk., ein Dutzend Brillen zu 40 Mk. (s. Laterna magica Nr. 46).

Verfahren beruht darauf, daß farblose Diapositive auf Gelatineplatten, welche durch doppelchromsaures Ammoniak lichtempfindlich gemacht waren, das eine rot, das andere grün färbt und übereinander gedeckt projiziert. Die Zuschauer erhalten Brillen, deren Gläser ebenfalls mit Gelatine überzogen und in gleicher Weise komplementär gefärbt sind. Das grüne Bild erscheint durch das rote Glas schwarz, durch das grüne ist es unsichtbar; umgekehrt das rote. Die roten und grünen Lichter vereinigen sich für den Beschauer zu weiß.

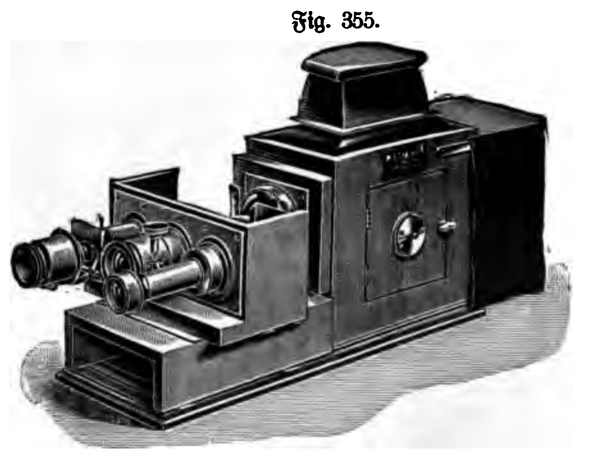
Fig. 354.



l) Das Chromoskop. Für manche Versuche sind auch drei Projektionsapparate gleichzeitig nötig, z. B. bei Demonstration von Mischfarben. Dreifache Apparate zu diesem Zweck (Fig. 354) liefert E. Liesegang zu 300 bis 2100 Mk.

Einfacher wird der gleiche Zweck erreicht mittels des Chromoskops, Fig. 355, bei welchem das aus der Laterne tretende Strahlenbündel durch passend gestellte durchsichtige Spiegel in drei Bündel zerlegt wird. (Der Apparat ist zu beziehen von der deutschen Kromoskopgesellschaft Robert Krayn u. Co., Berlin, Gr. Friedrichstraße 13 I d), Leybolds Nachf. in Köln u. a. Preis: 300 Mk.

Fig. 355.



m) Bilderkästen. Um Glasbilder in rascher Folge projizieren zu können, müssen sie in richtiger Reihenfolge und Stellung in soliden Kästen enthalten sein, aus welchen sie sich leicht herausnehmen lassen. E. Liesegang in Düsseldorf liefert Stülpkästen nach Fig. 356, welche 70 bis 80 Projektionsbilder von 8,5 × 8,5 und 8,5 × 10 cm aufnehmen können, zu 8 Mk. B im Gebrauche wird der Kasten auf den Kopf gestellt und der Bodenteil umgeklappt. Die

Fig. 356.



Bilder stehen alsdann lose in dem geräumigeren Deckenteil und werden ı
brauch Stück für Stück in den Bodenteil gesteckt. Derselbe liefert auch
Nutenkästen für 50 Bilder von 12 × 12 cm zu 5 Mk.

n) Der Kinematograph. Von großer Bedeutung für Demonstr
ferner in neuerer Zeit der Kinematograph geworden. Derselbe Appa
sowohl zur Herstellung der Bilder durch photographische Aufnahme auf licht
liche Celluloidstreifen (Film), wie auch zur Projektion derselben benutzt n
Das Prinzip der Einrichtung ist aus Fig. 357 ersichtlich, welche eine älte
(Demenys Chronophotograph) darstellt. Das die Bilder enthaltende F
ist auf die Trommel A aufgewickelt, von welcher es sich beim Drehen de

Fig. 357.



M auf die Rolle B aufgewickelt, wobei das gezahnte Rad C, dessen Zähr
in entsprechende Löcher des Filmbandes eingreifen, dafür sorgt, daß das A
genau in dem Tempo stattfindet, in welchem ein damit gekuppelter Verschluſ
das Fenster F, vor welchem die Bilder vorbeiziehen, freigibt. Da ir
Momente natürlich das betreffende Bild stehen bleiben muß, ist der exzent
einer rotierenden Achse befestigte Stift D beigefügt, welcher das von A ab

[1]) Kleine Handkinematographen liefert die Firma „Projektion“, G.
Berlin NW. Andere Bezugsquellen sind: P. Brandt, Photogr. Manufaktur, Be
Alt-Moabit 116; Buderus u. Co., Mechaniker, Hannover; A. Fuhrmann, B
Passage Kaiserpanorama; F. O. Kluge, Mechaniker und Optiker, Aachen, Lothring
K. Lange, Mechaniker, Berlin SW., Zimmerstr. 95/96; Ed. Meßter, Mechan
Optiker, Berlin, Friedrichstr. 95; Nürnberger Metall- und Lackierwarenfabrik,
Gebr. Bing, Nürnberg; Schlesicki-Ströhlein, Technisches Versandgeschäft
furt a. M., Kaiserplatz 7; L. Walter, Elektrotechnische Fabrik, Berlin, Grüne
Sigmund F. Meißl, Berlin.

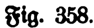
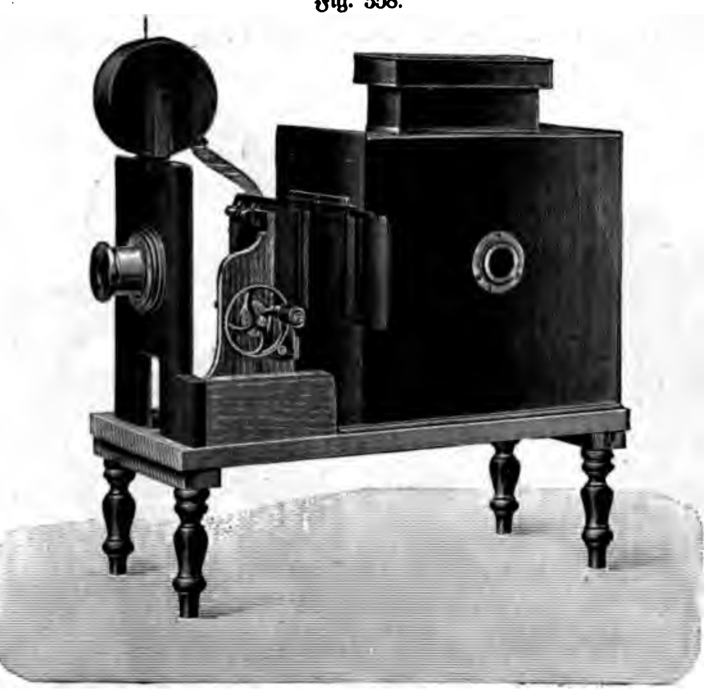


Fig. 358.

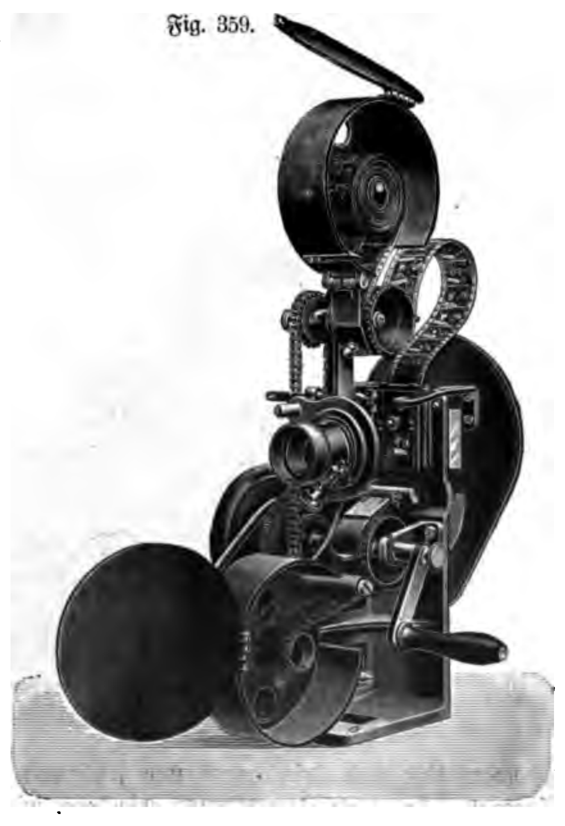


Stück Filmband zwischen den mit Samt ausgefütterten Rahmen *H* und *T* mit einem Ruck herunterzieht, dann, während das Fenster geöffnet ist, für einen Moment stehen läßt, sodann wieder das neue abgewickelte Stück herunterzieht u. s. w.

Verschiedene Ausführungsformen des Kinematographen, wie sie F. Ernecke in Berlin liefert, zeigen die Figg. 358, 359 und 360. (Preise ohne Lichtquelle bezw. 210, 450 und 510 Mk.)

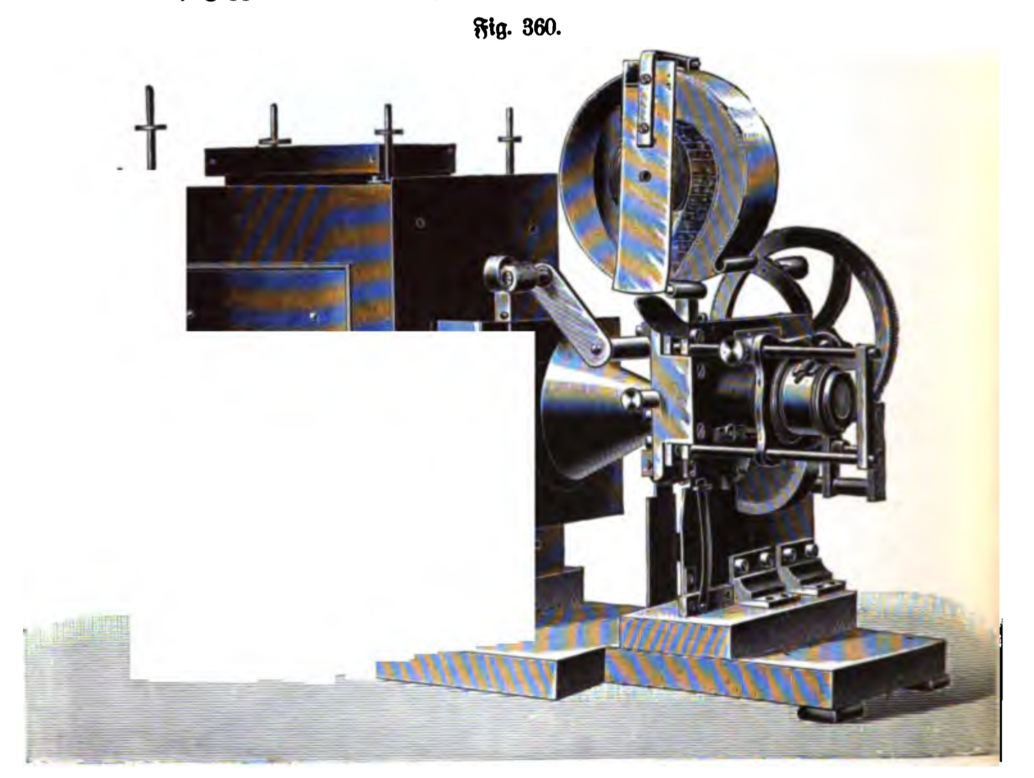
Ed. Liesegang liefert Kinematographen mit Vorrichtung zur Projektion von Glasbildern zu 450 Mk., den Kinematographen-Mechanismus allein zu 250 Mk. (einschließl. Objektiv), ferner Kinematographen, welche raschen Übergang zu gewöhnlicher Projektion ermöglichen, wie aus den Figg. 361, 362

Fig. 359.



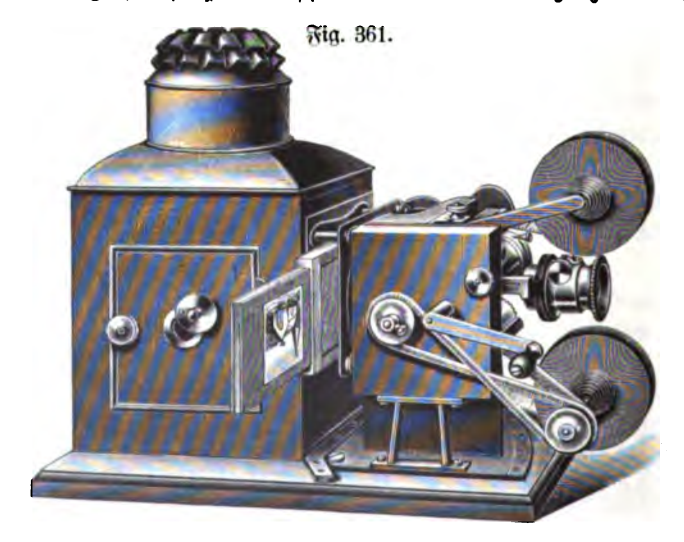
ersichtlich ist, zu 850 Mk. Ferner doppelte und dreifache Laternen zu gleichem Zwecke nach Figg. 353 und 354 zu 900 bis 1200 Mk.

Fig. 360.



42. Der kleine Projektionsapparat. a) Projektion durchsichtiger Objekte. Der große Projektionsapparat wird nur benutzt zur Darstellung von

Fig. 361.



Photographien und Zeichnungen und solchen Erscheinungen, die keine besonderen Apparate, aber starke Vergrößerung erfordern, wie z. B. die Entstehung von Wirbel-

ringen und Kohäsionsfiguren beim Eintropfen einer Flüssigkeit in eine andere u. dergl. Sonst wird regelmäßig ein einfacher, kleiner Projektionsapparat in nur halb-verdunkeltem Zimmer benutzt, welcher nicht hinter, sondern vor den Zuhörern aufgestellt wird, so daß diese die Möglichkeit haben, sowohl den Apparat und die damit vorgenommenen Manipulationen, wie auch gleichzeitig das vergrößerte Bild des projizierten Teiles zu sehen [1]).



Fig. 362.

Für Projektionen mit kleinem Gesichtsfelde stellt man gewöhnlich den Schirm nur wenig nach der Seite des Zuhörerraumes gewendet auf die eine Seite des Experimentiertisches, die Laterne gegenüber, so daß die Strahlen quer, nur wenig schief zur Längsrichtung des Tisches verlaufen. Häufig wird auch ein kleinerer Schirm dauernd in der einen Ecke des Auditoriums angebracht

Landolt bringt die Projektionslaterne, sowie eine aus zwei eisernen Schienen bestehende optische Bank auf einem großen eisernen Stative an, welches nach Art derjenigen gebaut ist, die zum Aufstellen photographischer Cameras dienen. Durch Schrauben mit Kurbeln kann dann der ganze Apparat höher und tiefer gestellt, um seine Achse gedreht und auch nach zwei zueinander senkrechten Richtungen geneigt werden [2]). Die Stative der Linsen, Tischchen u. s. w. sind so gearbeitet, daß sie sich leicht in die optische Bank einsetzen und befestigen lassen. Zu diesem Zwecke sind zwischen den eisernen Schienen schmale gußeiserne Klötzchen verschiebbar, welche oben mit einer schwalbenschwanzförmigen Nut versehen sind, in die sich die entsprechend gestellten Stativfüßchen einschieben lassen. Außer den Linsen und den Stativchen für die zu projizierenden Objekte lassen sich auch ein Wasserschirm (flaches Gefäß mit Wasser) und ein Umkehrprisma einschalten, ersterer zur Abhaltung der Wärmestrahlen, letzteres, um die Bilder aufrecht erscheinen zu lassen.

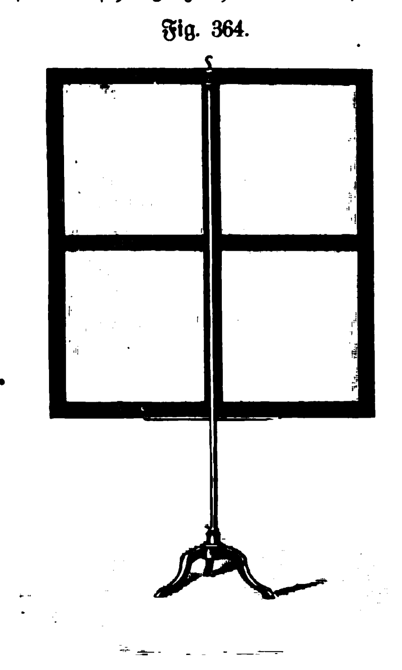


Fig. 363.

[1]) Über Apparate für mikroskopische Projektion siehe weiter unten bei Projektionsmikroskop. — [2]) Wenn man aus der Mitte des Saales projiziert, empfiehlt es sich, den Projektionsapparat schräg zu stellen und auf einen niedrigen Tisch zu setzen, so daß den dahinter sitzenden Zuschauern die Aussicht nicht versperrt wird. Es ist dabei nicht nötig, dem Schirm entsprechende Neigung zu geben, da das Bild dennoch scharf bleibt.

Ich selbst benutze einen sehr primitiv eingerichteten Apparat auf eisernem Stativ, wie Fig. 363 zeigt, an dessen aus Holz verfertigtem Schlitten die einfache, oben beschriebene, aus Eisenblechrohr verfertigte Handregulierlampe dauernd befestigt ist. Der obere Teil des Schlittens ist um ein Scharnier drehbar, so daß bis zu gewissem Grade auch schräg aufwärts projiziert werden kann. Die Ständer für Kondensationslinsen, Objektiv u. s. w. laufen in Nuten zu beiden Seiten des hölzernen Rahmens und werden durch eine Feder mit geeigneter Reibung angedrückt. Der Objektträger mit den innen geschwärzten Blechansätzen wird natürlich entfernt, wenn größere Apparate aufgesetzt werden sollen. Als Schirme dienen quadratische Holzrahmen von 1, 2 und 2,5 m Seitenlänge, welche hinten mit Haken versehen sind, um leicht in Ösen passender eiserner Stative (Fig. 364) eingehängt werden zu können. Sowohl das Schirmstativ, wie auch das Stativ des Projektionsapparates werden gewöhnlich auf einem mit Möbelrollen versehenen Brett oder hölzernen Rahmen befestigt, so daß sie sich leicht im Falle des Gebrauchs an den gewünschten Ort hin- und wieder zurückschieben lassen. Ebenso wie der große Projektionsschirm werden sie mit einer Mischung von Magnesia alba und wenig Gelatine angestrichen [1]).

Fig. 364.



W. Holtz findet es für zweckmäßig, bei Herstellung eines Schirmes von 1,5 m Durchmesser das Zeug mit Reißnägeln auf einen leichten Rahmen aus dünnen Brettern von 7 bis 8 cm Tiefe zu spannen, und einen äußeren Rahmen von gleicher Breite darüber zu schieben. Für mittelgroße runde Schirme empfiehlt Holtz die in Geschäften vorrätigen hölzernen Spielreifen.

Zu kleinen Auffangschirmen benutzt Holtz weiße Kartonstücke, welche entweder mit Reißbrettzwecken an Holzklötze angeheftet oder in eingesägte Klötze eingeschoben werden.

Wenn nun auch ein solcher verschiebbarer einfacher Projektionsapparat in manchen Fällen gut zu gebrauchen ist, so empfiehlt er sich doch nicht als Normalapparat; schon deswegen nicht, weil das Stativ hindert, unterhalb des Schlittens größere Apparate aufzustellen, z. B. einen Cailletetschen Apparat zur Verflüssigung der Kohlensäure, dessen Glasröhre zwischen Kondensationslinsen und Objektiv zu stehen kommen soll. Dann aber vor allem deshalb nicht, weil weder der Apparat selbst, noch die erzeugten Projektionsbilder von allen Plätzen aus gesehen werden können. Ich habe deshalb früher die in Fig. 365 dargestellte Anordnung gewählt, bei welcher der Projektionsapparat auf einem niedrigen Tische so aufgestellt wird,

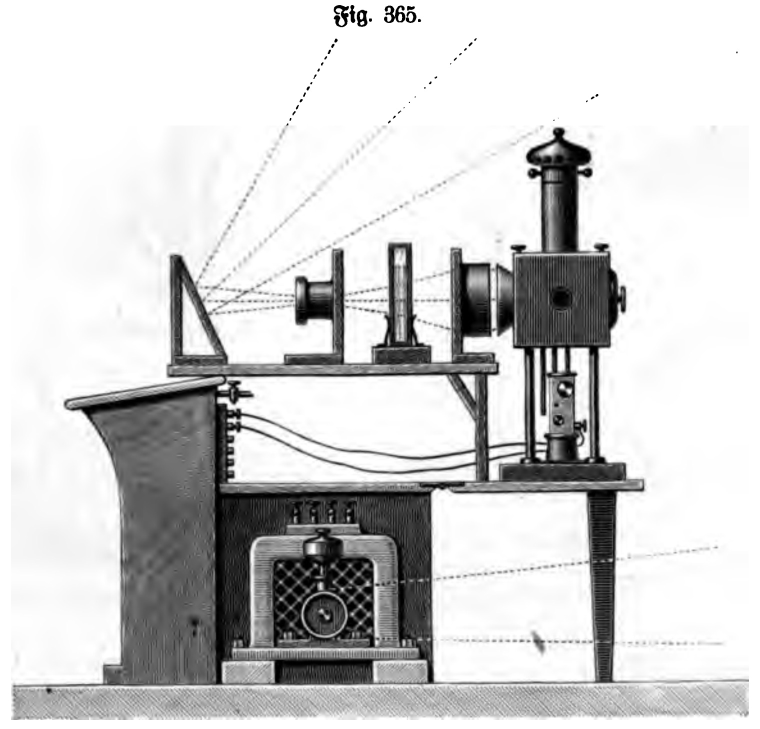
[1]) Die Firma Zeiß empfiehlt, den Schirm zunächst mit Zinkweißleimfarbe zu streichen und kurz, ehe die Farbe getrocknet ist, die Fläche mit Hilfe eines Zerstäubers mit feinst geschlemmter Kreide zu überpudern.

daß er die Lichtstrahlen in der Richtung gegen den Zuhörerraum hin auf einen Metallspiegel sendet, welcher dieselben auf den Schirm *A* (Fig. 3, S. 11) zurückwirft.

Außer dem großen Projektionsschirm ist nämlich dieser kleinere Schirm *A* von etwa 4 qm Fläche angebracht, und zwar in der Nische über dem Abzuge ähnlich wie ein Spiegel in schiefer Stellung, derart, daß die Senkrechte im Mittelpunkte auf den Punkt *B* in der vordersten Bankreihe trifft.

Diese Einrichtung bietet den wesentlichen Vorteil, daß der Projektionsschirm stets aufgespannt an seiner Stelle bleiben kann, ohne staubig zu werden oder zu stören, daß das projizierte Bild von allen Plätzen gleich gut gesehen wird und ebenso auch alle Manipulationen am Projektionsapparat selbst. Durch Zwischenschaltung des Spiegels geht allerdings etwas an Lichtstärke verloren, indes läßt

Fig. 365.



sich durch Steigerung der Helligkeit der elektrischen Projektionslampe dieser Verlust genügend decken, ohne die Projektionslinsen allzu sehr zu erhitzen, selbst bei Projektionen im nicht oder nur halb verdunkelten Zimmer.

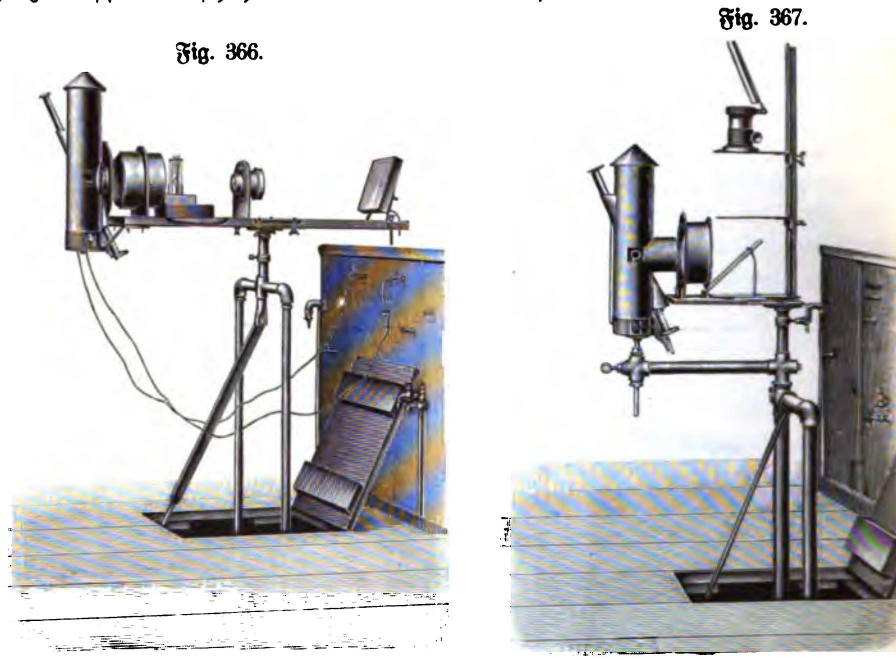
Der Spiegel ist ein Metallspiegel aus einer älteren Komposition. Andere Spiegelmetalle [1]) dürften vielleicht noch bessere Resultate geben. Die Firma C. Zeiß in Jena bringt neuerdings eine ähnliche Projektionseinrichtung in den Handel, bei welcher der Spiegel, welcher zugleich als Bildumkehrspiegel dient, ein auf der Vorderseite versilberter Glasspiegel ist, welcher, solange er nicht gebraucht wird, durch einen Holzdeckel, auf dessen Innenseite ein mit essigsaurem Blei imprägniertes Fließpapier liegt, geschützt wird. Ist der Spiegel bestaubt, so kann

[1]) Z. B. Magnalium, siehe auch bei Spiegeln. Metallspiegel liefern: Richard Nagen, Mechaniker und Optiker, Berlin NW., Scharnhorststr. 34a; P. und R. Wittstock, Werkstätte für Präzisionsmechanik und Optik, Berlin S., Planufer 93d.

er, allerdings nur unter Anwendung großer Vorsicht, mittels eines feinen Pinsels und ganz feiner ausgewaschener Leinwand gereinigt werden. Das Neuversilbern kostet 6 bis 10 Mk.

Unter dem Projektionsapparat befand sich, wie aus Fig. 365 zu ersehen, ein Gehäuse für einen Elektromotor, dessen aufstellbarer Deckel zugleich als Tisch für den Apparat diente. Nach beendigtem Gebrauch konnte der verhältnismäßig leichte Apparat weggenommen und der Deckel wieder zugeklappt werden. Immerhin war dieses Entfernen des Apparates lästig und zeitraubend, später wurden deshalb die einzelnen Teile auf einem eisernen Gestell mit Rollen angebracht, so daß man den ganzen Apparat rasch heranrollen und wieder entfernen konnte.

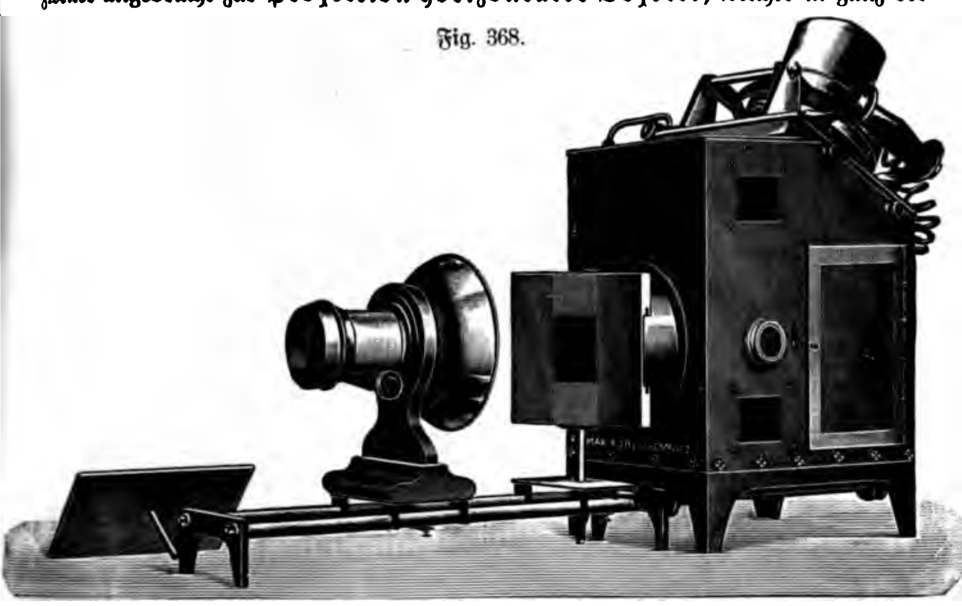
Fig. 366. Fig. 367.



Aber auch diese Anordnung genügte nicht, weil das Beischaffen und Entfernen des Apparates zuviel Zeit kostete. Es wurde nunmehr der Schlitten des Apparates samt Lampe und optischen Teilen, wie bei Fig. 366, auf einem langen eisernen Rohr befestigt, welches durch den Fußboden und den der Versenkung hinunterragte und ähnlich wie die früher besprochenen Röhren (Fig. 10, S. 23) durch Drahtseile mit Gegengewichten ausbalanciert wurde. Im Boden wurde eine Öffnung angebracht, welche gestattet, durch einen leichten Druck den ganzen Projektionsapparat (nachdem zunächst der Schlitten um 90° gedreht ist) in der Tiefe verschwinden zu lassen und ebenso leicht wieder sofort gebrauchsfähig heraufzuholen. Gewöhnlich ist die Öffnung im Fußboden durch einen aus drei um Scharniere beweglichen Teilen bestehenden Deckel aus demselben Holz wie der Fußboden verschlossen, so daß man sie kaum bemerken kann. Beim Heraufholen des Apparates werden die Deckel geöffnet; die beiden äußeren aber alsbald wieder geschlossen und statt des mittleren (in Fig. 366 allein gezeichneten) ein aus zwei Teilen bestehender unterer Deckel heraufgezogen, einerseits damit kein Luftzug entstehen kann, anderseits damit nicht zufällig hinabgefallene Gegenstände in die Versenkung fallen können.

Neben diesem beweglichen Projektionsapparate für vertikale Gegenstände ist ein zweiter angebracht zur Projektion horizontaler Objekte, welcher in ganz der-

Fig. 368.



selben Weise auf seiner vertikalen Schubstange befestigt und durch Gewichte ausbalanciert ist und gebrauchsfertig in die Versenkung hinuntergeschoben oder heraufgeholt werden kann (Fig. 367).

Was die an anderen Orten üblichen Projektionsapparate für Darstellung physikalischer Versuche anbelangt, so dürfte wohl die Projektionseinrichtung mit Schuckertlampe (Fig. 368) die verbreitetste sein[1]).

Fig. 369.

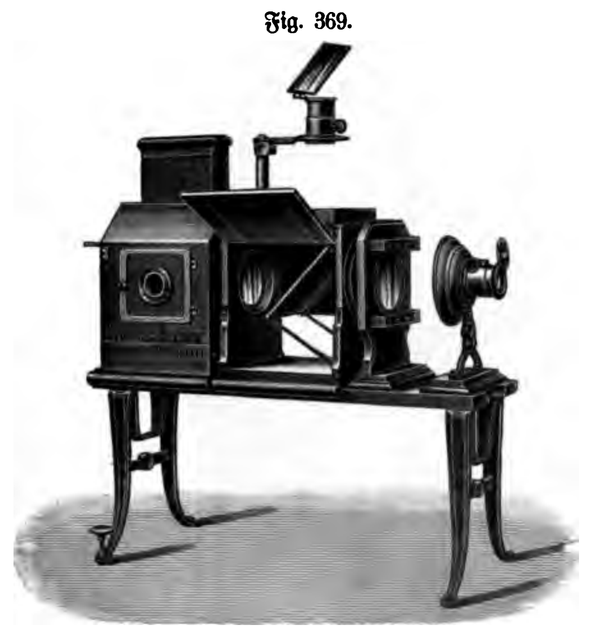


Fig. 370 zeigt eine kleine von E. Leybolds Nachfolger in Köln zu beziehende Laterne mit Ansatz zur Horizontalprojektion; Fig. 369 einen Universalapparat nach Berghoff, zu beziehen von Liesegang in Düsseldorf. (Preis 140 Mk., dazu Vertikalapparat 65 Mk., Konusansatz mit Konkavlinse zur Erzeugung von parallelem Licht 15 Mk.)

[1]) Zu beziehen von Max Kohl in Chemnitz. Andere Arten von Projektionsapparaten liefern: A. Krüß, Hamburg, Adolfsbrücke 7; Schmidt und Haensch, Berlin S., Stallschreiberstr. 4; Ed. Liesegang, Düsseldorf, Volmerswertherstr.; Unger und Hoffmann, Fabrik von Projektionsapparaten, Dresden A.; Zeißwerk, Jena; E. Leitz, Wetzlar;



Fig. 370.

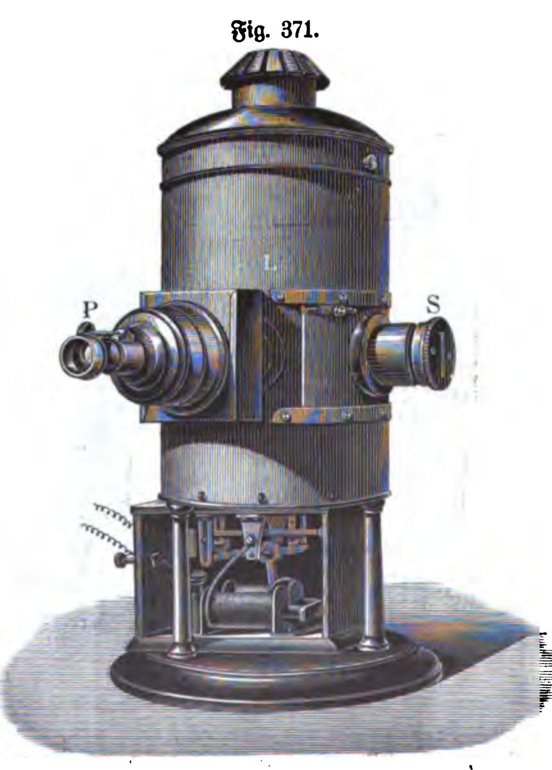


Fig. 371.

Öfters ist erforderlich, zwei verschiedenartige Projektionen kurz nacheinander auszuführen; um hierbei keine Zeit durch Verstellen der Linsen, Aufsetzen von Diaphragmen und dergleichen zu verlieren, werden die Projektionsapparate von Browning in London mit zwei Linsensystemen versehen (Fig. 371), von welchen je nach Bedürfnis das eine oder nach Drehung der Lampe um 120° das andere benutzt werden kann.

Ein solcher komplizierter Apparat scheint mir wenig empfehlenswert. Ich benutze in solchem Falle zwei oder mehr Lampen, was durchaus keine großen Kosten verursacht, da ganz primitive Handregulatoren oben beschriebener Art ausreichend sind.

Gleiches gilt auch für den Fall, daß zwei Projektionen gleichzeitig auszuführen sind, zu welchem Zwecke Duboscq Laternen mit zwei Öffnungen konstruiert hat. Der Gebrauch derselben setzt natürlich voraus, daß die Kohlen senkrecht übereinander stehen, was aber, wie schon bemerkt, durchaus unvorteilhaft und nicht zu empfehlen ist. Zweckmäßiger ist die Verwendung von zwei Laternen.

Oehmke, Berlin; R. Winkel, Göttingen; R. Fueß, Steglitz bei Berlin; S. Plößl u. Co., Wien; O. Anschütz, Berlin; Dr. A. Hesekiel u. Co., Berlin; R. Talbot, Berlin; E. Pogade, Berlin; Müller u. Wetzig, Dresden; E. Wünsche, Dresden; M. Petzold, Chemnitz; Lorenz, Chemnitz; Heinr. Dräger, Lübeck; Gebr. Mittelstraß,

Fig. 372.

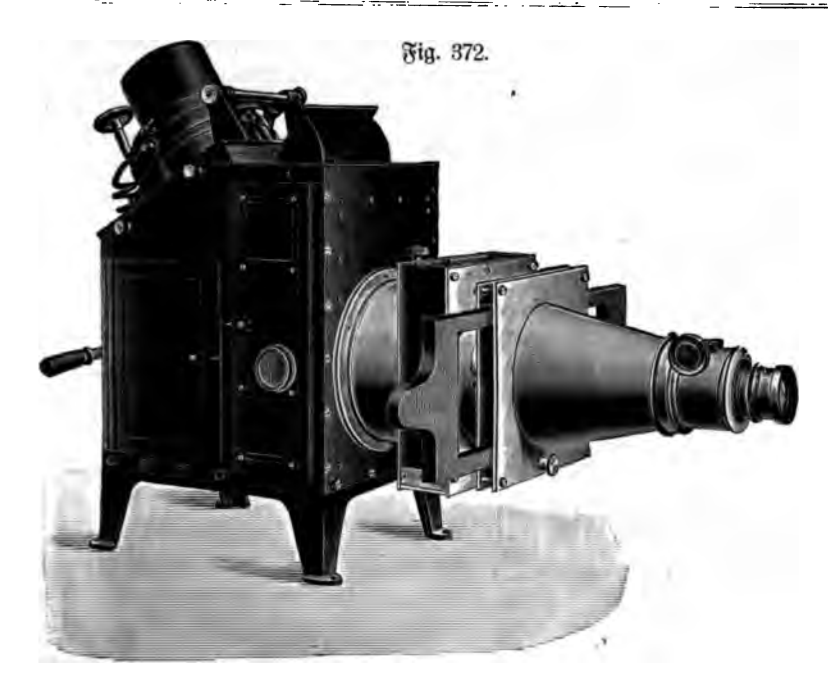
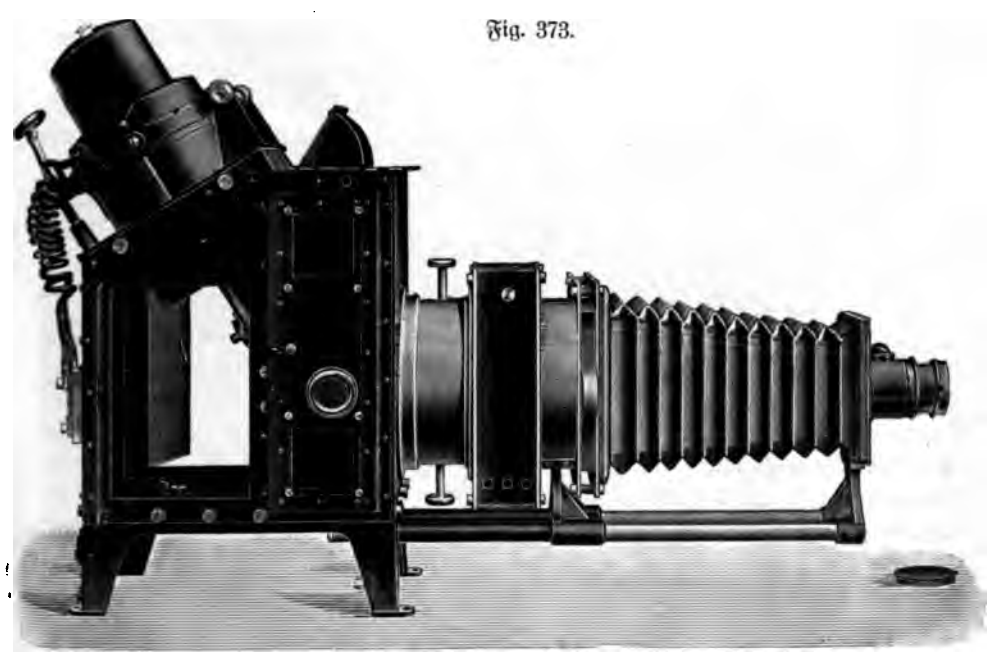


Fig. 373.



Magdeburg; R. Lechner, Wien; A. Moll, Wien; Müller-Uri, Braunschweig, u. a. Ein einfacher Projektionsapparat, nach Behrens, für Mittelschulen ist zu beziehen von E. Rudolp, Mechaniker, Göttingen. Troje (Z. 12, 82, 1899) empfiehlt den Zeißschen Projektionsapparat, welcher auf etwa 725 Mk. zu stehen kommt, wovon auf die Lampe 210 Mk. und das Objektiv 185 Mk. entfallen. Die Figg. 372 und 373 zeigen speziell zur Projektion von Glasbildern eingerichtete Apparate, wie sie F. Ernecke in Berlin liefert (Preis 486 bis 755 Mk.).

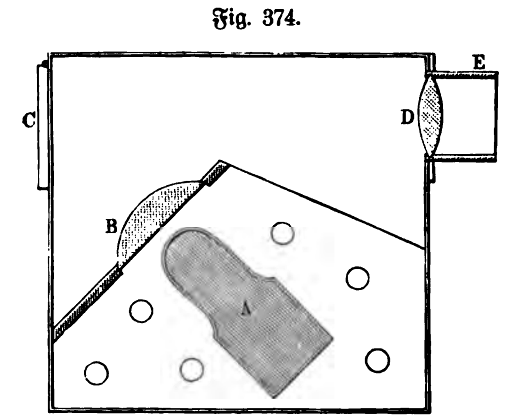
Ist ein cylindrisches Gefäß, z. B. ein mit einer Flüssigkeit gefülltes Reagenzglas, ein Rohr mit flüssiger Kohlensäure u. dergl. zu projizieren, so stört die durch die Form des Gefäßes bedingte Strahlenbrechung. Man hilft sich in solchem Falle dadurch, daß man das betreffende Gefäß in einen mit Wasser oder einer andern Flüssigkeit gefüllten Trog mit parallelen Wänden hineinsetzt.

Solche Tröge in verschiedensten Dimensionen, wasser-, alkohol- und säuredicht, aus Spiegelglasplatten zusammengekittet, liefern E. Leybolds Nachfolger in Köln.

Für heiße Flüssigkeiten sind dieselben nicht zu gebrauchen. Ich verwende dafür Tröge, bei welchen die Glasplatten mit Mennigekitt in ein Gestell aus Blechstreifen eingekittet sind. Derartige Tröge können auch dazu dienen, die Objekte (z. B. Reagenzgläser) während der Projektion langsam zu erwärmen. Zu diesem Zwecke wird ein Schlangenrohr aus dünnem Blei- oder Zinnrohr eingelegt, welches sich in mehreren Windungen am Boden und an den Wänden hinzieht und an einem Ende mit der Dampfleitung, am anderen mit der Dampfableitung verbunden wird. Man kann so in kurzer Zeit während der Projektion den Wasserinhalt des Troges bis zum Sieden erhitzen.

b) Projektion undurchsichtiger Objekte. Häufig können einfach die scharfen Schattenbilder, welche durch elektrisches Bogenlicht erzeugt werden, an Stelle von Projektionen Verwendung finden, um kleine Apparate vergrößert darzustellen.

Fig. 374.



Zur eigentlichen Projektion von undurchsichtigen Photographien, kleinen mit Lackfarben bemalten Figuren, Räderwerken u. dergl., ist besonders die „Wundercamera“ des Optikers Krüß in Hamburg, Adolfsbrücke 7 (Preis 60 bis 625 Mk.) zu empfehlen, von welcher Fig. 374 im Grundrisse die Disposition gibt. Auf dem Boden des Kastens ist der Kloß *A* durch einen Blechstreifen für eine gut ziehende Lampe eingerahmt, deren Licht durch die stark konvexe Linse *B* auf die bei *C* eingeschobenen Bilder konzentriert wird; das nun von diesen ausstrahlende Licht geht durch die Linse *D* und entwirft auf einer weißen Wand das Bild. *D* ist in der Röhre *E* durch einen Trieb verschiebbar. Über das Lampenkamin wird noch ein weites gekröpftes Blechkamin gesteckt, um alles Licht zurückzuhalten und durch Luftzug die innere Hitze zu mäßigen; dazu sind auch im Boden eine Anzahl größerer Löcher angebracht.

Macdonald (1882) beleuchtet den zu projizierenden undurchsichtigen Gegenstand in der Wundercamera durch zwei möglichst nahe gebrachte Kalklichtbrenner ohne Kondensationslinsen und vermeidet die allzu starke Erwärmung desselben durch eine davorgestellte Hartglasplatte.

Nach Morton (1883) verwendet man einen Kasten von 45 cm Frontbreite, 40 cm Höhe und 40 cm Tiefe, dessen Seitenwände durch Tuchvorhänge ersetzt sind. In der Vorderwand befindet sich eine Röhre von 22 cm Durchmesser und 20 cm Länge, in welcher sich eine Linse von 15 cm Durchmesser und 65 cm Brennweite

befindet. Das Licht einer im Kasten befindlichen Knallgaslampe beleuchtet die weiße Rückwand des Kastens, vor welche der zu projizierende Gegenstand gebracht wird.

Ich selbst benutze einen Kasten, auf dessen mit einer Öffnung versehenen Rückwand von zwei kräftigen elektrischen Lampen ohne Kondensationslinsen Licht geworfen wird. Vor der Öffnung dieser Wand, auf der Außenseite, wird der zu projizierende Gegenstand angebracht. Ein Rohr, welches sich an eine Öffnung in der gegenüberstehenden Vorderwand anschließt, enthält den Projektionskopf.

Fig. 375.

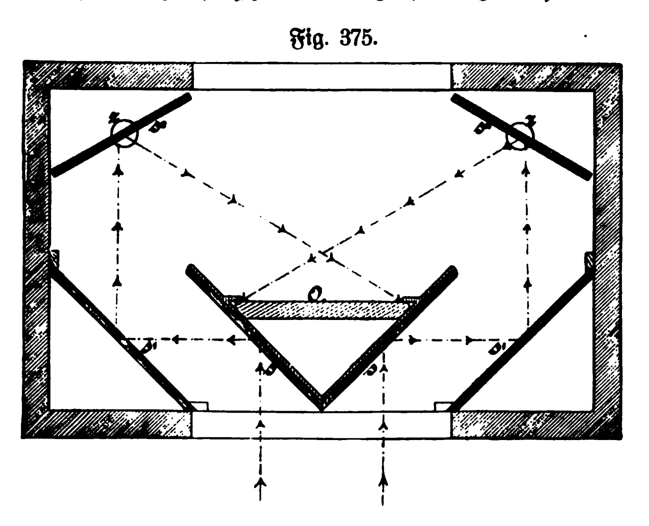
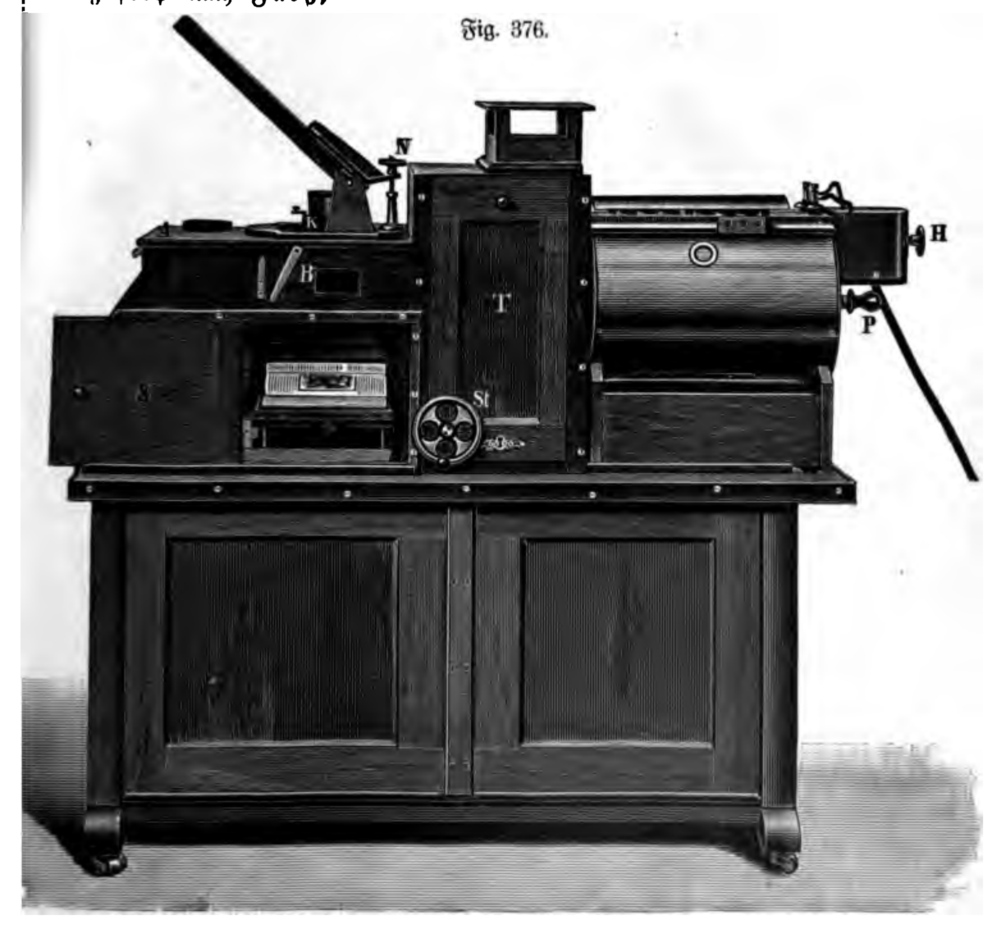


Fig. 375 zeigt ein Megaskop nach Fueß,

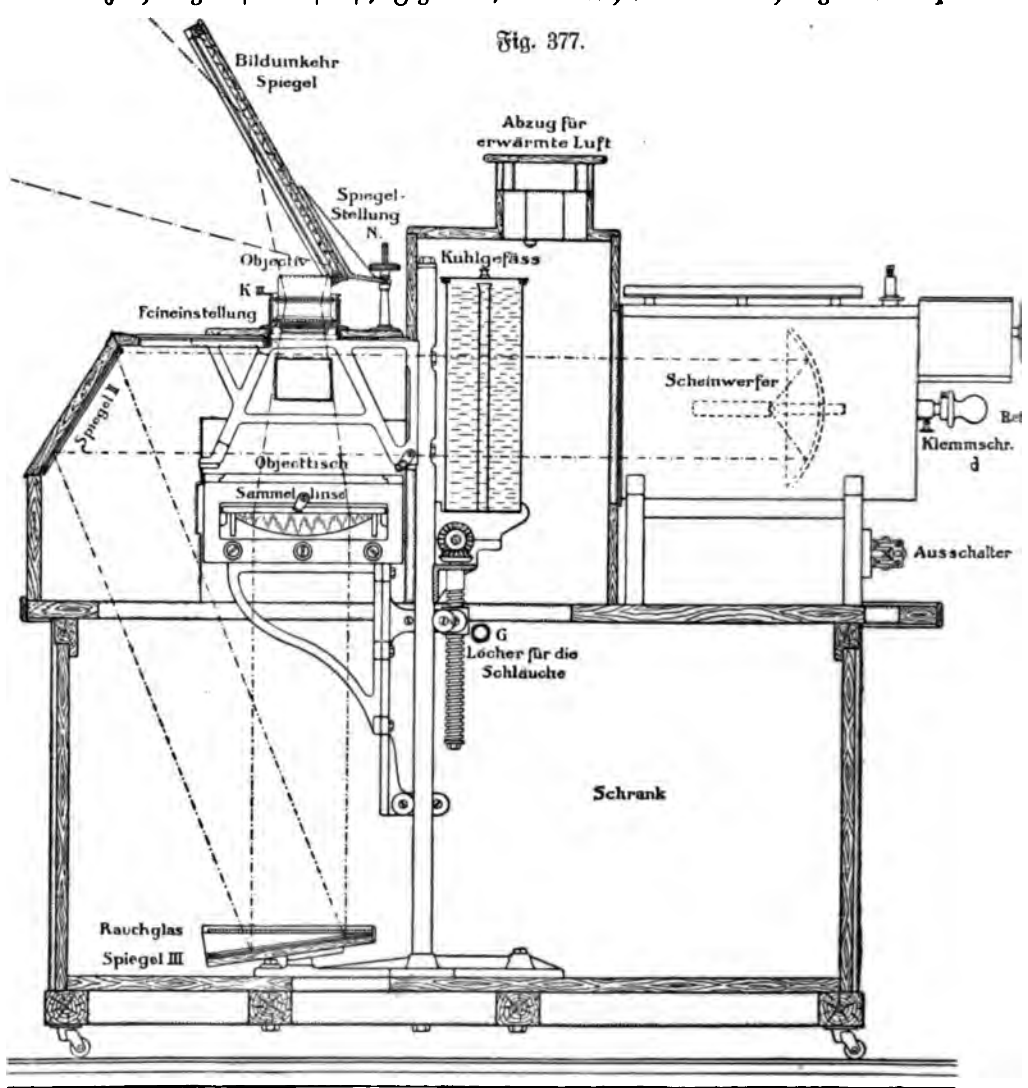
Fig. 376.



bei welchem die Projektion ohne Änderung der gegenseitigen Stellung von Lampe und Schirm erfolgt, indem durch passend angeordnete Spiegel bewirkt wird, daß durch die von hinten kommenden Strahlen die Vorderseite des Objekts beleuchtet wird. Die Spiegel bedingen natürlich erhebliche Schwächung des Lichtes.

Die Firma C. Zeiß in Jena liefert eine große Wundercamera unter der Bezeichnung Epidiaskop, Fig. 377, bei welcher die Beleuchtung der Objektive

Fig. 377.



durch einen Scheinwerfer von 30 bis 50 Amp. erfolgt. Die Länge beträgt $1^1/_2$ m, die Breite $^3/_4$ m, die Gesamthöhe $1^1/_2$ m. Die Breite der Objekte kann bis 30 cm betragen, die Dicke bis 16 cm. Bei Anwendung des kleineren Scheinwerfers können Objekte von 8 bis 22 cm Durchmesser projiziert werden, erstere mit 25facher, letztere mit neunmaliger Vergrößerung, wozu Schirmabstände von $6^1/_2$ beziehungsweise $2^1/_2$ m erforderlich sind. Für den größeren Scheinwerfer ist 14- bis 37fache Vergrößerung zulässig, bei einem Schirmabstand von $3^3/_4$ bis $9^1/_2$ m.

Die erforderliche Größe des Schirms ist im ersten Falle 2 × 2, im anderen 3 × 3 m.

Durch Anordnung passender Spiegel kann das Epidiaskop zugleich zur Projektion in durchfallendem Licht gebraucht werden, ohne daß es nötig wäre, an der Stellung des Objektivs oder des Spiegels etwas zu ändern. Um bei raschem Wechsel beider Projektionsarten nicht durch die verschiedene Intensität des Lichtes gestört zu werden, wird dasselbe bei der diaskopischen Projektion durch eingeschobene Rauchglasplatten gedämpft. Der Strahlengang in solchem Falle ist aus Fig. 377 zu ersehen.

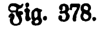
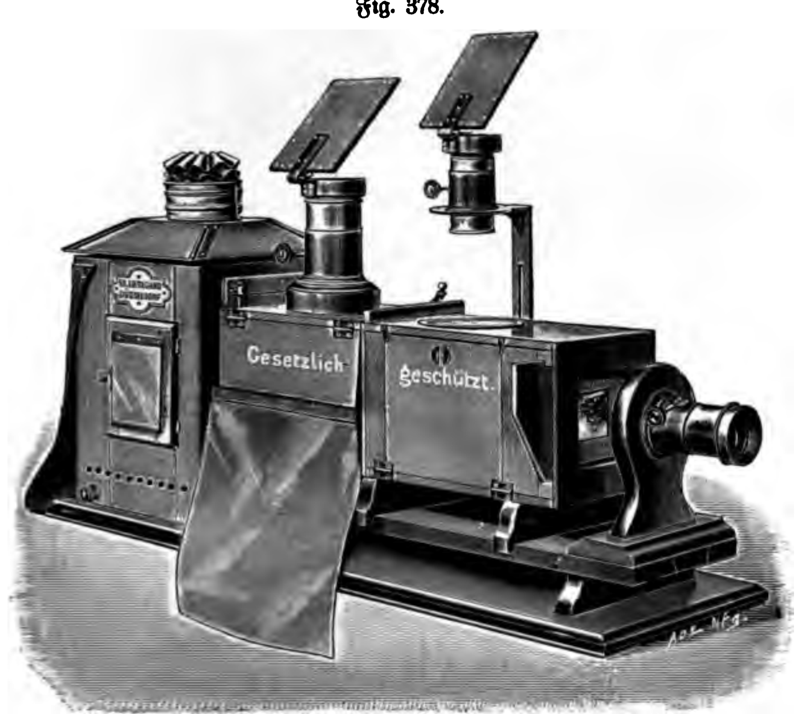


Fig. 378.



Der zur Beleuchtung dienende Scheinwerfer von Körting und Mathiesen, Leutzsch-Leipzig, ist mit einem Neusilberreflektor versehen, welcher zum Zwecke der Reinigung herausgenommen werden kann. Das Putzen erfolgt, nachdem der Kohlenstaub mit einem weichen Pinsel entfernt ist, mit einem reinen Baumwoll- oder Leinenlappen, benetzt mit einem Brei aus 1 Tl. Salmiakgeist, 1 Tl. Wasser und 1 Tl. Schlemmkreide.

Ein kleinerer Universalprojektionsapparat, wie ihn Fig. 238 zeigt, ist zu beziehen von Ed. Liesegang, Düsseldorf, Spezialwerkstätten für Projektionsapparate. Derselbe gestattet in rascher Folge direkte, vertikale und episkopische Projektion zu verwenden.

Schmidt u. Hänsch, Berlin S., Stallschreiberstr. 4, konstruierten einen Universalapparat, welcher sich leicht an bereits vorhandene Projektionsapparate ansetzen läßt und durch Verwendung eines Satzes totalreflektierender Prismen (Fig. 379 *P*) ermöglicht, einem horizontal liegenden oder seitlich vertikal stehenden undurchsichtigen Gegenstande eine solche Fülle von Licht zuzuführen, wie es die episkopische Projektion

Fig. 379.



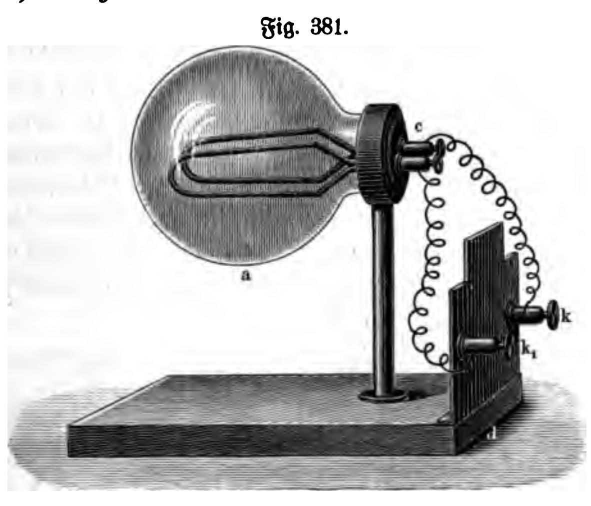
Fig. 380.



rfordert. Der Wechsel der verschiedenen Projektionsarten läßt sich ebenfalls leicht ollziehen. Fig. 380 zeigt den Apparat für Vertikalprojektion vorgerichtet[1]).

c) **Glühlichtprojektionslampen.** Für kleinere Projektionsapparate kann nit Vorteil elektrisches Glühlicht benutzt werden.

Fig. 381.



Nach **Stein** (1886) eignet sich besonders eine große 200=kerzige **Bernsteinglühlampe** von 100 Volt Spannung[2]).

Nach **Leiß** sind indes solche und ähnliche gewöhnliche Glühlampen nicht zu gebrauchen, weil sie ein ungleichmäßig erleuchtetes Gesichtsfeld geben. **Leiß** benutzt Glühlampen, deren Faden zu einer **kegelförmigen Spirale** gewunden ist, deren Durchmesser an der Basis etwa 12 bis 15 mm beträgt. Die Lichtstärke beträgt bei 110 Volt Spannung etwa 100 Kerzen[3]).

Einen damit ausgerüsteten Projektionsapparat für elektrisches Glühlicht, welcher von **Fueß** in Berlin zu beziehen ist, zeigt Fig. 382.

Fig. 382.

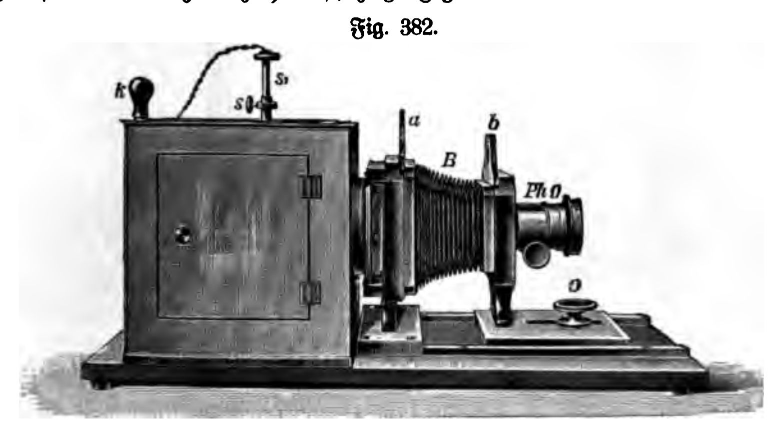


Fig. 383 zeigt einen derartigen Projektionsapparat von F. **Ernecke**. Ein cher Glühlichtapparat hat den großen Vorzug, daß er kein Regulieren der Lampe 'ordert, auch läßt sich der Laterne jede beliebige Stellung geben, so daß man 'o ohne weiteres auch die Strahlen von unten nach oben richten und sich somit

[1]) Vergl. Deutsche Mechanikerzeitung 1903, S. 33. — [2]) Eine solche zum Einschieben das Skioptikon (Pinakoskop) vorgerichtet (Fig. 381), kann bezogen werden von J. Ganz Co. in Zürich. — [3]) Siehe Z. 10, 118, 1897. Bezugsquelle: **Fueß**, Steglitz bei rlin. **Nernstlampen** für Projektion liefert L. **Gaumont** u. **Cie.**, Paris, 57, ie Saint-Roch.

einen besonderen Apparat für Horizontalprojektion sparen kann. Die Lichtstärke ist allerdings im Verhältnis zu der einer Bogenlampe sehr gering [1]).

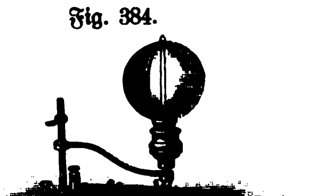


Fig. 384.

d) Kalklicht. Wo elektrischer Strom nicht zur Verfügung steht, findet besonders häufig das Kalklicht Anwendung.

Ein Kalklichtbrenner von häufig gebrauchter Form ist in Fig. 385 dargestellt. Die kleine Figur rechts zeigt die Spitze des Brennerrohres, bestehend aus zwei konzentrischen Röhren, ähnlich wie ein gewöhnlicher Gebläsebrenner, von welchem das äußere Leuchtgas (Wasserstoff) das innere (Sauerstoff) zuleitet. Durch die Hähne *S* und *W* können die beiden Gasströme reguliert werden. Auf dem

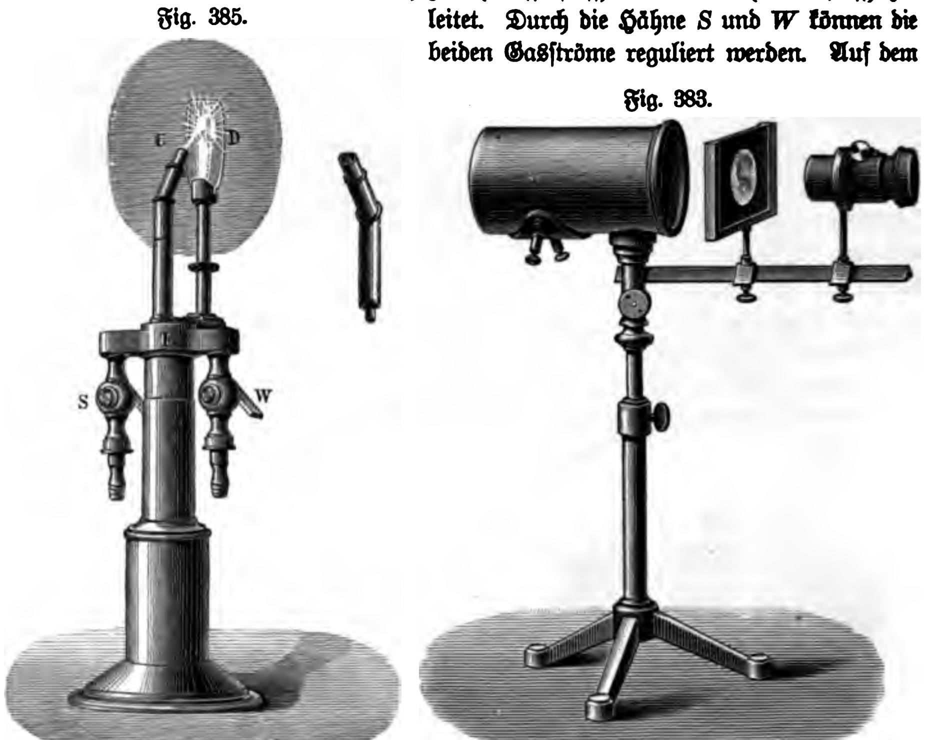


Fig. 385. Fig. 383.

Verbindungsstück *E* ist ferner ein kleines drehbares Stativ befestigt, welches den Kalkcylinder *D* trägt. Das Ende des Brenners *C* ist so umgebogen, daß die Flamme den Kalk gerade in der Nähe des oberen Endes trifft. Es läßt sich zur genaueren Einstellung nach rechts und links drehen. Der obere Teil *E* der Lampe läßt sich auf- und abschieben, um beim Gebrauche im Projektionsapparat den Lichtpunkt zentrieren zu können. Sehr zweckmäßig ist es, wenn die beiden Hähne verschieden geformt sind, da man sie sonst allzu leicht verwechselt. Man öffnet zuerst den Leuchtgashahn, läßt das Gas etwas ausströmen und zündet es dann an. Nun bringt man den Kalkcylinder in die richtige Entfernung und läßt

[1]) Ed. Liesegang in Düsseldorf liefert eine Projektionsglühlampe von 100 Kerzen (bei 110 Volt) mit halbseitigem Spiegelbelag (Fig. 384) zu 30 Mk. (die Lampe allein zu 12 Mk.).

ihn zunächst ganz heiß werden, da er, falls man ohne Vorwärmen die Knallgasflamme darauf richtet, allzu leicht zerspringt. Jetzt läßt man langsam Sauerstoff zu, bis der Sauerstoffhahn ganz offen ist. Es entsteht die kaum leuchtende Knallgasflamme, welche da, wo sie den Kalkcylinder trifft, einen sehr intensiv glühenden Fleck erzeugt. Hierauf dreht man den Leuchtgashahn langsam so weit zu, bis die Lichtintensität am größten ist. Ist zu viel vom einen oder anderen Gas vorhanden, so pfeift die Flamme, was nicht stattfinden soll. Von Zeit zu Zeit dreht man den Kalkcylinder etwas, da die glühende Stelle allmählich ausbrennt. Soll der Brenner wieder außer Tätigkeit gesetzt werden, so schließt man zuerst den Sauerstoffhahn.

Fig. 386.

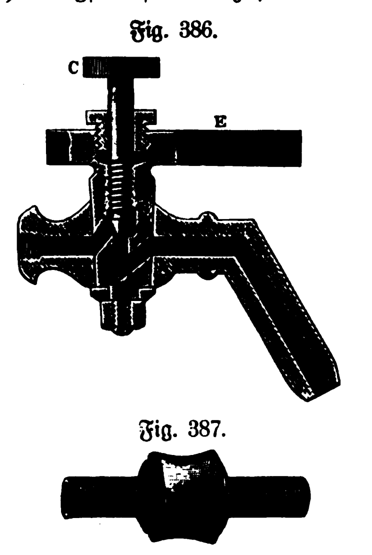


Fig. 387.

Die Fig. 386 stellt einen für Kalklichtbrenner bestimmten Hahn mit Regulator (zu beziehen von Liesegang) dar, dessen Kücken einen Schraubhahn enthält.

Um bei Verwendung gemischter Gase das Zurückschlagen der Flammen zu hindern, dient das Sicherheitsrohr Fig. 387 (zu beziehen von E. Liesegang), welches eine zwischen zwei Drahtnetze eingeschlossene Schicht Bimsstein enthält [Preis 5 Mk.] [1]).

Kleine Kalklichtbrenner, welche sich an Stelle der Petroleumlampe in das Skioptikon einsetzen lassen, liefert Stöhrer zu 22 bis 24 Mk., und zwar entweder

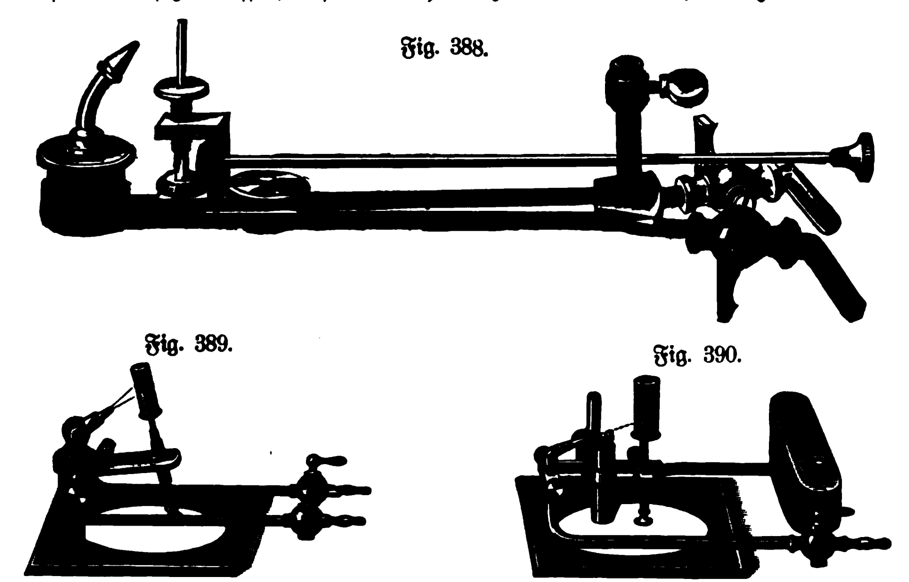


Fig. 388.

Fig. 389.

Fig. 390.

für Wasserstoff oder Leuchtgas als Brennmaterial (Fig. 389) oder für Alkohol (Fig. 390). Bei einer Abänderung letzterer Lampe steigt das Sauerstoffrohr in

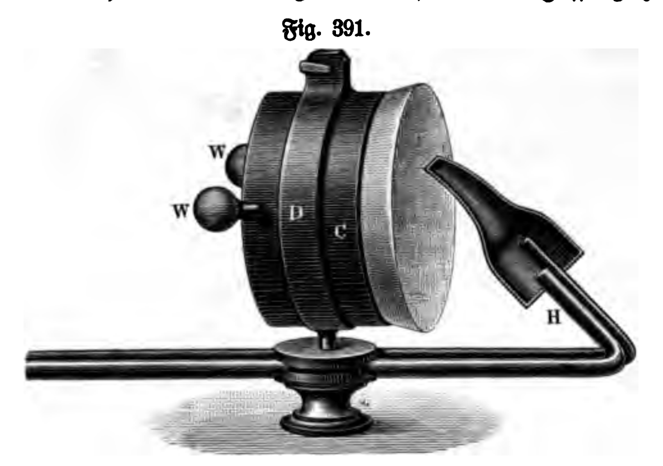
[1]) Kalklichtbrenner nach Fig. 388 liefert E. Liesegang zu 15 bis 25 Mk., Mischbrenner bis 40 Mk.

dem Dochte der Weingeistlampe herauf. Als Kalkkegel werden Stücke von sogenanntem Wienerkalk empfohlen, einem häufig gebrauchten Poliermittel. Die Form und Größe ist im allgemeinen unwesentlich, nur muß die von der Knallgasflamme getroffene Stelle des Kalkes etwa 1 cm Durchmesser besitzen.

Wesentlich besser als Alkohol wirkt nach v. Kolkow eine Petroleumätherluftmischung, welche man dadurch erzeugt, daß man Luft durch ein mit Pferdehaaren ausgestopftes, bis zu geringer Höhe mit Petroleumäther gefülltes Gefäß hindurchströmen läßt. Im Winter stellt man es zweckmäßig in ein Gefäß mit warmem Wasser, welches selbst wieder in einer Kiste mit Wolle steht, um die Abkühlung des Wassers zu vermindern.

Liesegang gibt dem Kalk Scheibenform, Fig. 391[1]). *C* ist die Messinghülse, in welcher der Kalk eingeklemmt ist, *D* die Fassung zum Halten des Cylinders und *W W* zwei hölzerne Griffe, um ihn drehen zu können. *H* in Fig. 391 zeigt einen Brenner für gemischte Gase, welcher etwa doppelt so helles Licht als ein gewöhnlicher sogenannter Sicherheitsbrenner liefert, aber bei weitem gefährlicher ist, namentlich wenn man mit Wasserstoff operiert. Bei dem Sicherheitsbrenner dringt die Sauerstoffröhre *O* bis zur Spitze des Hohlkegels vor, in welchen durch das Rohr *H* Wasserstoff einströmt, beim anderen Brenner enden beide Röhren an der Basis, so daß sich die Gase mischen, bevor sie die Brennermündung erreichen. Beim Gebrauch dieses Brenners ist es durchaus nötig, daß der Druck der beiden Gase gleich groß sei. Bei Anwendung von Gassäcken müssen daher diese aufeinander gelegt und durch dasselbe Gewicht belastet werden. Hätte z. B. der Sauerstoff größeren Druck, so würde ein Teil desselben durch die Wasserstoffleitung in den Wasserstoffsack eindringen und eine Explosion wäre unausbleiblich. Um dies zu verhindern, hat man in die Leitungen, möglichst nahe beim Brenner, Ventile eingeschaltet, welche ein Rückströmen des Gases vom Brenner zum Sack unmöglich machen sollen, doch arbeiten dieselben nicht ganz zuverlässig, so daß man, wenn möglich, immer den Sicherheitsbrenner trotz seiner geringen Lichtstärke vorziehen wird. Philburn (1883) findet am brauchbarsten einen ganz einfachen Brenner aus zwei zu einem stumpfen Winkel gebogenen und möglichst nahe der Spitze zu einem λ zusammengelöteten Messingröhren bestehend. Schutzvorrichtungen, wie Kammern mit Drahttuch vollgestopft oder durchbohrte Metallplatten, hält er für ungenügend. Broughton (1883) leitet den Sauerstoff durch ein Gefäß mit Äther, wodurch ein brennbares, aber explosives Gas entsteht, welches ebenfalls wie

Fig. 391.

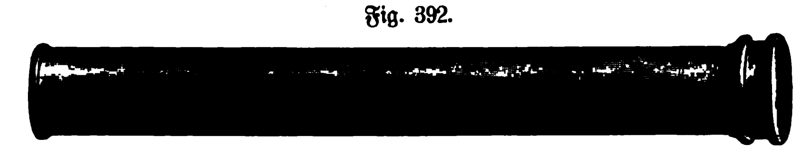


[1]) Gegenüber den Kalkcylindern gewähren diese in eine Metallfassung eingeklemmten Scheiben den Vorteil, daß sie beim Zerspringen nicht auseinanderfallen.

Knallgas gebraucht werden kann. Um eine Explosion, d. h. Zurückschlagen der Flamme in das Gefäß mit Äther zu verhindern, verwendet er einen Brenner, dessen Kapsel mit gepulvertem und grob gesiebtem Bimsstein gefüllt ist. Außerdem wird in die Leitung noch ein Sicherheitsventil eingeschaltet[1]).

Was die Herstellung der Kalkcylinder anbelangt, so werden sie entweder aus weißem, ungelöschtem Kalk geschnitten, mit der Feile rund gemacht und zum Aufstecken auf den Stift der Lampe durchbohrt, oder aus pulverisiertem, gebranntem Kalk mit Zusatz von 1/4 Tl. Magnesia, welche mit etwas Gummischleim zu einer plastischen Masse geknetet werden, gepreßt[2]). Man kann auch Stücke von Alabaster,

Fig. 392.



der sich leicht mit dem Messer schneiden läßt, verwenden und sie vor dem Gebrauch ausglühen. Harnecker (1881) benutzte eine Mischung von Magnesia, Kalk, Chrysolith und Olivin, welche in der hydraulischen Presse komprimiert wurde, de Khotinsky (1883) besonders präparierte Griffel aus Magnesia, Tessier du Mothay Zirkonstifte, Droßbach (1891) Zirkonstifte, welche durch Zusammenpressen von Zirkonerde, die mit 8 Proz. geglühter Borsäure gemengt ist, hergestellt werden, indem man das Gemenge in Eisenblechröhren erst langsam, dann im heftigsten Gebläsefeuer glüht.

Fig. 393.



Zur Darstellung des Sauerstoffs dient eine metallene Retorte, welche nach Liesegang zweckmäßig die in Fig. 393 dargestellte Form hat. Sie besteht aus einer ebenen Platte *A*, auf welche der glockenförmige Deckel *B* genau aufgeschliffen ist. Letzterer wird durch einen an seinen Enden mit Spiralfedern versehenen Hebel niedergedrückt und kann mittels einer daran befindlichen hölzernen Handhabe, wenn die Retorte geöffnet werden soll, weggezogen werden. Die Retorte sitzt auf einem Gehäuse analog den Lötlampen der Klempner und wird erhitzt durch einen mit Drahtnetz überdeckten großen Bunsenschen Brenner.

Die Füllung der Retorte besteht aus einem Kuchen, den man sich in folgender Weise bereitet: 4 Tle. chlorsaures Kali und 1 Tl. Braunstein, welcher keine kohlenartigen Beimischungen enthalten darf, werden mit wenig Wasser verrieben, so daß eine eben plastische Masse entsteht. Man streicht dieselbe in eine Form, deren Hohlraum etwas kleiner ist, als der der Platte, streicht etwa Überstehendes mit einem Messer ab, läßt den Kuchen durch Umdrehen der Form herausfallen, über-

[1]) Eine neue Form des Apparats zeigt Fig. 399, S. 202. — [2]) Fueß liefert fertig präparierte Cylinder in Glasröhren eingeschmolzen. Iridiumkörper in Cylinderform für Hydroxygenlicht liefert G. Siebert, Platinaffinerie in Hanau a. M. Liesegang liefert die Kalkstifte in luftdicht verschlossenen Büchsen nach Fig. 392, das Dutzend zu 3 bis 3,5 Mk., cylindrische Büchsen für 3 bis 12 Kalkstifte zu 6 bis 10 Mk.

läßt ihn in gelinder Wärme oder einfach an der Luft dem Trocknen und taucht schließlich die untere Fläche in einen Brei aus Braunstein und Wasser, letzteres, damit er in der Retorte nicht an den Boden anbacke. Man bringt ihn also nun in die Retorte, schließt dieselbe und erhitzt. Das entstehende Gas leitet man zunächst durch eine mit Pottaschelösung gefüllte Waschflasche und dann in einen Kautschuksack oder Glockengasometer [1]).

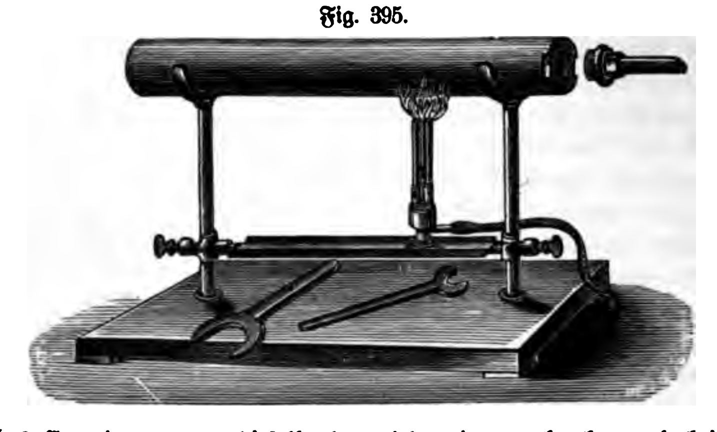
Fig. 394.



Hempel (1885) sah in New York einen praktischen Apparat zur Sauerstoffbereitung, bestehend aus einer gußeisernen Retorte mit |—-fömigem Gasentwickelungsrohr. Die beiden Zweige sind durch Hähne verschließbar. Der senkrecht aufsteigende endet in einen Trichter. Durch letzteren füllt man zunächst 50 g $KClO_3$ ein und erhitzt. Wird die Gasentwickelung zu schwach, so schüttet man abermals 50 g chlorsaures Kali ein u. s. w.

Sehr zweckmäßig erscheinen die von Teucke (1884) in Vorschlag gebrachten röhrenförmigen Sauerstoffretorten, bestehend aus einem einerseits verschlossenen eisernen Rohr, in dessen anderes, verdicktes Ende das Austrittsrohr für den Sauerstoff eingeschraubt und durch zwischengelegte Bleiplatten oder Asbestringe gedichtet wird. Die Röhre ruht horizontal auf zwei einfachen eisernen Stützen. Die Füllung besteht aus reinem chlorsauren Kali, welches möglichst gleichförmig verteilt wird, Fig. 395. R. Muencke in Berlin, von welchem diese Apparate zu beziehen sind, rühmt die folgenden Vorzüge: „Die geregelte Entwickelung liegt ganz in den

Fig. 395.



Händen des Experimentators; dieselbe kann jederzeit unterbrochen und bei weiterem Bedarf an Sauerstoff wieder fortgesetzt werden. Da die Zersetzung nur örtlich stattfindet, so ist eine plötzliche Entwickelung und daher auch etwaige Explosionen, wie sich solche bei früheren Apparaten oft genug ereigneten, ausgeschlossen; die Entwickelung von Sauerstoff auf diesem Wege ist daher ganz gefahrlos. Auch ist

[1]) Einen Sauerstoffentwickler mit Gasometer nach Fig. 394 liefert E. Liesegang in Düsseldorf zu 130 Mk., den Gasometer allein zu 60 Mk. Der Apparat kann zugleich als Stativ für das Skioptikon benutzt werden.

die Reinigung des Apparates für eine neue Beschickung sehr leicht zu bewirken. Der Apparat läßt sich in jeder beliebigen Länge und jedem Durchmesser herstellen."

Zum Teil wurden die bei Sauerstoffentwickelung beobachteten Explosionen auch dadurch verursacht, daß bei beendigter Entwickelung das Wasser der Waschflasche in die sich abkühlende Retorte zurückfloß und sich plötzlich in Dampf verwandelte. Man muß also nach beendigter Entwickelung die Verbindung zwischen Retorte und Waschflasche lösen. Bei manchen älteren Apparaten[1]) wurde der Verschluß der Sauerstoffretorte durch Gips hergestellt, der natürlich nicht ganz dicht hält. Bei solchen wurde dann durch den Druck im Gassack das Wasser der Waschflasche zurückgetrieben, sobald die Entwickelung aufhörte, selbst wenn die Erhitzung fortgesetzt wurde.

Fig. 396.



Fig. 397 a.



Fig. 397 b.



Will man Wasserstoff als brennbares Gas anwenden, so kann man sich dazu eines Wasserstoffentwickelungsapparates wie Fig. 396 (K, 23) oder, wenn große Mengen nötig sind, des in Fig. 397 dargestellten Generators bedienen. Derselbe besteht aus zwei ineinander gleitenden Cylindern aus starkem Kupferblech, von welchen der innere mit einem siebartig durchlöcherten, abnehmbaren Boden versehen ist. Man füllt ihn mit Zinkstücken und taucht ihn dann in den anderen, zum Teil mit verdünnter Schwefelsäure gefüllten Cylinder. Das entstehende Wasserstoffgas entweicht durch die oben angebrachte Röhre, passiert zunächst eine Waschflasche, welche mit Wasser gefüllt wird, und tritt dann ebenso wie das Sauerstoffgas in einen Kautschuksack oder Glockengasometer. Letztere müssen zuvor sorgfältig von Luft befreit sein.

Ein Gassack, wie er zum Aufsammeln des Sauerstoffs und Wasserstoffs dient, ist in Fig. 398 dargestellt.

Als Ersatz für Wasserstoff wird zuweilen Äther verwendet in der Art, daß man den Sauerstoff durch ein Gefäß mit Äther, welches mit den nötigen Schutz-

[1]) Vergl. Stein, Die optische Projektionskunst. Halle, W. Knapp, 1887. S. 16, Fig. 15.

vorrichtungen versehen ist (Fig. 399, zu beziehen von Liesegang in Düsseldorf zu 80 bis 95 Mk.), leitet und ihn dadurch mit Ätherdämpfen sättigt [1]).

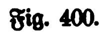
Dr. A. Eichhorn in Lüneburg (Hannover) liefert besonders für Erzeugung von Kalklicht konstruierte Gasometer aus Zinkblech (Fig. 400) von 100 bis 20 Liter Inhalt zu 78 bis 82 Mk. Dieselben sind mit Quecksilbermanometer und Wasserstandszeiger versehen und werden direkt an die Wasserleitung angeschlossen. Die Handhabung des Apparates reduziert sich auf Drehen eines Hahns, ist somit sehr einfach und Verschütten von Wasser u. dergl. ist unmöglich, da auch das

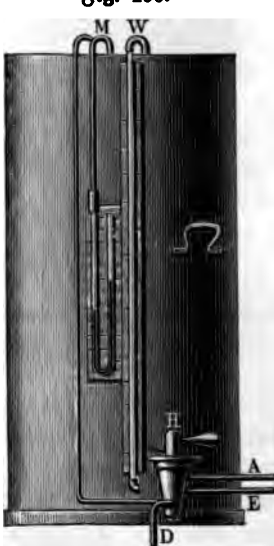
Fig. 398.



Fig. 399.




Fig. 400.



Ablaufrohr fest mit der Wasserabflußleitung verbunden ist. Da man bei ununterbrochenem Betriebe für Leuchtgas-Sauerstoff oder Alkohol-Sauerstoff pro Minute nur 0,45 Liter Sauerstoff gebraucht, so hält die Füllung (welche etwa 30 Pfg. kostet) für nahezu vier Stunden aus. Sie kann monatelang aufbewahrt werden (vergl. Zeitschr. f. phys. und chem. Unterricht 4, 326, 1891).

Wesentlich bequemer, wenn auch teurer als Selbstherstellung, ist die schon von Grant (Dingl. Journ. 183, 210, 1867) vorgeschlagene Benutzung von komprimiertem Sauerstoff und Wasserstoff, welchen man in eisernen Flaschen, ähnlich wie Kohlensäure, fertig erhalten kann. Bezugsquellen sind: Vereinigte Sauerstoffwerke in Berlin N., Tegelerstr. 15, vorm. Dr. Th. Elkan, C. G. Rommenhöller u. Linde (München). Sauerstoff liefert auch das Drägerwerk, A.-G., Lübeck.

Durch ein Reduktionsventil wird der Druck auf die für Herstellung des Kalklichtes nötige Stärke reduziert [2]).

---

[1]) Gasolinlampen für Kalklicht liefert das Drägerwerk, A.-G., Lübeck. — [2]) Liesegang liefert Sauerstoffflaschen mit Reduzierventil nach Fig. 401 zu 61 Mk., die Füllung mit 1000 Liter Sauerstoff kostet 7,5 Mk.; ein Finimeter (Manometer) zum Anbringen

Fig. 402 zeigt ein Druckreduzierventil mit zwei Manometern, das eine den Druck in der Flasche, das andere den reduzierten Druck anzeigend, wie es von F. Ernecke in Berlin geliefert wird (Preis 48 Mk.).

e) Zirkonlicht. Linnemann macht darauf aufmerksam, daß die gewöhnlichen Kalklichtbrenner insofern sehr unvollkommen sind, als das Gas schon in der Röhre zu brennen anfängt und deshalb ein großer Teil der Wärme verloren geht, auch keine eigentliche konzentrierte Lötrohrflamme zu stande kommt. Er gibt deshalb dem Brenner die in Fig. 403 in zwei Drittel der natürlichen Größe dargestellte Form. Das Gas tritt durch L ein und passiert die Längs- und Querrinnen des Kolbens K, welcher zur Zentrierung des Lötrohres dient. Dieses ist eine hohle Schraube a, deren Höhlung durch seitliche Öffnungen mit dem Rohr S kommuniziert, durch welches der Sauerstoff eintritt. Die Regulierung des Zutrittes geschieht mittels der Schraube b. Der Druck des Sauerstoffs muß etwa das 15fache von dem des

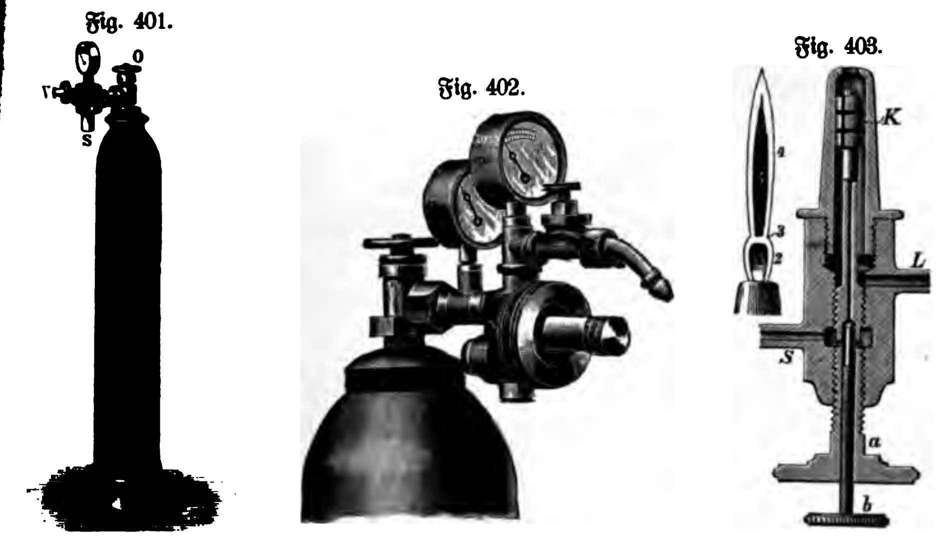


Fig. 401. Fig. 402. Fig. 403.

Leuchtgases sein. Die Flamme erhält dann die in der Figur links dargestellte Form. Die heißeste Stelle ist mit 3 bezeichnet und liegt etwa 1 cm vor der Düsenmündung, sie leuchtet intensiv hellblau, 1 ist dunkel, 2 kaum sichtbar blau, 4 stärker blau, 5 weißlichblau. Eine zu große Flamme erzeugt ein starkes pfeifendes Geräusch, so daß sie sich für Vorträge nicht eignet. Die Flamme ist so heiß, daß Kalk dadurch geschmolzen wird, dagegen vermag Zirkonerde die Hitze auszuhalten. Linnemann verwendet dieselbe in Form kleiner in Platin gefaßter Scheibchen. Die intensiv leuchtende Stelle hat einen Durchmesser von kaum 5 mm, das Licht ist rein weiß, zeigt im Spektrum keine hellen Linien wie das Kalklicht und die Lichtstärke beträgt bei

---

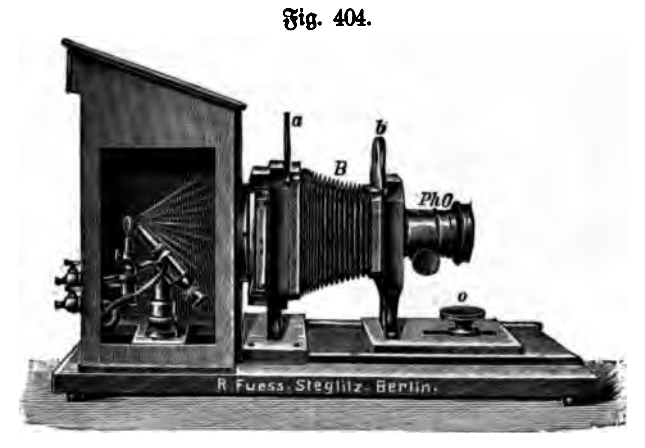
an das Druckreduzierventil, welches den Inhalt des Cylinders anzeigt, zu 15 Mk., ein Manometer zu genauer Bestimmung des Inhalts bis 150 Atm. zeigend zu 30 Mk. — [1]) Richard Hennig in Erlangen liefert einen Druckminderungshahn für Sauerstoffflaschen, welcher dem Druckreduzierventil vorzuziehen sein soll (vergl. Deutsche Mech. Zt. S. 195, 1897). Preis 25 Mk. Ventile, Gewinde u. s. w. bei Sauerstoffflaschen dürfen nicht mit Öl oder Fett geschmiert werden, da hierdurch Explosionen veranlaßt werden können.

24 Liter Leuchtgas und	15 Liter Sauerstoff pro Stunde	60 Kerzen,
37 „ „ „	26 „ „ „ „	120 „
48 „ „ „	44 „ „ „ „	200 „

Im letzteren Falle ist die Flamme nicht mehr geräuschlos.

Um den Zirkonkörper zu halten, dient am besten ein Magnesiastift, wie solche bei den Gasglühlichtbrennern verwendet werden. Metallene Halter leiten die Wärme zu rasch ab und werden leicht durch die Flamme beschädigt[1]).

Fig. 404.



Die Fig. 404 zeigt einen Fuessschen Projektionsapparat mit Linnemannschem Brenner, welcher auch für Kalklicht gebraucht werden kann. Die Zirkonblättchen sind haltbarer als die Kalkcylinder, doch geben diese größere Helligkeit. Im allgemeinen sind deshalb die Kalklichtbrenner vorzuziehen.

f) Acetylenlicht. Nach dem Kalklicht kommt insbesondere das Acetylenlicht in Betracht. Eine Lampe für $1^1/_2$ Stunden Brenndauer zeigt Fig. 405.

Fig. 405.

Sie ist im wesentlichen eingerichtet wie eine Fahrradlampe, hat etwa 150 Kerzen Lichtstärke und kostet mit allen Nebenapparaten 30 Mk.[2]). Das Calciumkarbid *f* wird in den Behälter *gg* eingebracht, das Wasser in das Gefäß *a* und der Zufluß desselben durch die Schraube *s* geregelt, das Gas strömt durch die Röhre *l* zu dem Brenner *n*, der Hahn *m* bleibt während des Gebrauchs vollständig geöffnet und wird erst geschlossen, wenn die Gasentwickelung vollständig aufgehört hat.

Die Figg. 406 u. 408 zeigen Lampen mit getrenntem Acetylenentwickler, erstere zu beziehen von Dr. Stöhrer u. Sohn in Leipzig, letztere von E. Liesegang in Düsseldorf (Preis des Entwicklers, Fig. 407, 27,5 Mk., der Lampe 10 Mk.). 1 kg Calciumkarbid in gelöteter Büchse kostet 1 Mk., Büchsen mit luftdicht schließendem Deckel 2,5 bis 4 Mk.

---

[1]) Der Brenner ist zu beziehen von P. Böhme in Brünn (40 fl.) und Schmidt und Hänsch in Berlin S., Stallschreiberstr. 4, zum Preise von 100 Mk. [eine Laterna magica (ohne Objektiv), speziell für diesen Brenner bestimmt, zu 180 Mk.]. Eine vereinfachte Zirkonlampe mit Zirkonstift ohne Platinfassung ist zu beziehen von Max Wolz in Bonn. — [2]) Zu beziehen von Gebr. Mittelstraß in Magdeburg.

g) Gasglühlicht. Einen Gasglühlichtbrenner kann man sich leicht selbst auf einem zum Einbringen in eine Projektionslaterne geeigneten Stativ befestigen [1]).

Fig. 406.



Fig. 408.

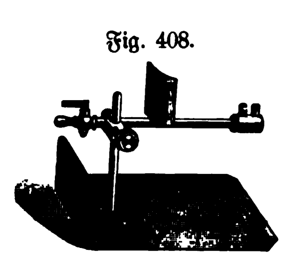


Fig. 407.



Fig. 410.

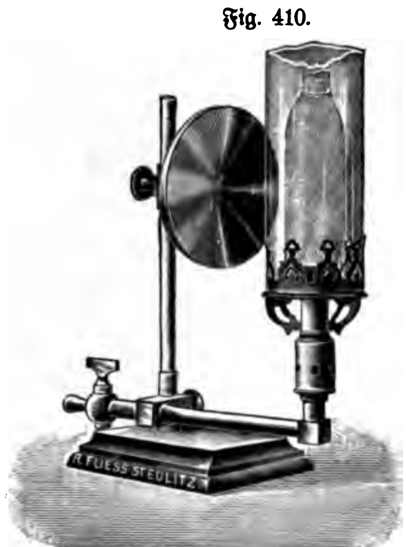


Fig. 409.



Fig. 409 zeigt einen von M. Kohl in Chemnitz zu beziehenden montierten Brenner. Preis 16 Mk. Mita-Licht ist ein Benzinglühlicht, zu beziehen von A. Glock, Karlsruhe, zu 45 Mk.

h) Das Skioptikon. Die einfachste und für manche Zwecke durchaus genügende Projektionslaterne ist das sogenannte Skioptikon von Marény, welche große Verbreitung gefunden hat. Die Form, in welcher dasselbe von Stöhrer in Leipzig geliefert wird, zeigt Fig. 411 speziell in Anwendung zur Projektion eines Elektro-

[1]) Einen Gasglühlichtbrenner auf Stativ von der in Fig. 410 gezeichneten Form liefert R. Fueß in Steglitz bei Berlin.

skops. Die innere Einrichtung ist dargestellt in Fig. 412. Die Petroleumlampe B mit zwei breiten, schief gegeneinander gerichteten Brennern e ist in einem von zwei ineinander geschobenen Blechgehäusen enthalten, von welchen das innere $i\,i_1$ vorn und hinten durch Hartglasplatten abgeschlossen ist und oben in den Schornstein F ausläuft. Dasselbe muß dicht schließen, falls die Lampe nicht rußen und einen unangenehmen Geruch verbreiten soll. Findet dies doch statt, so kann

Fig. 411.

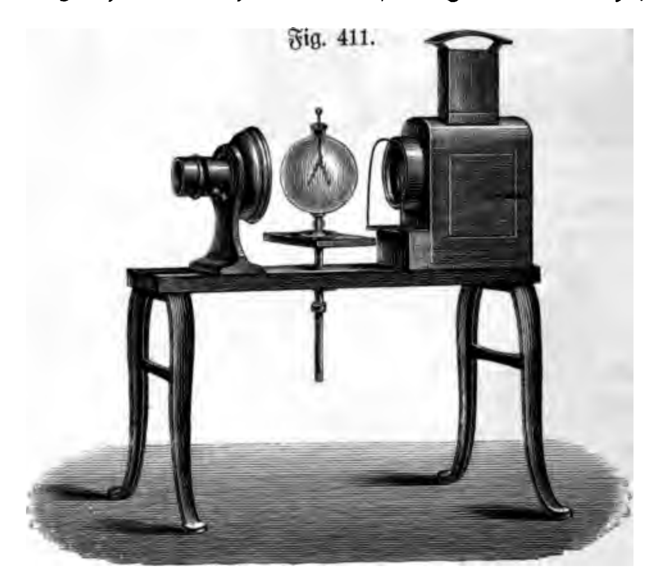
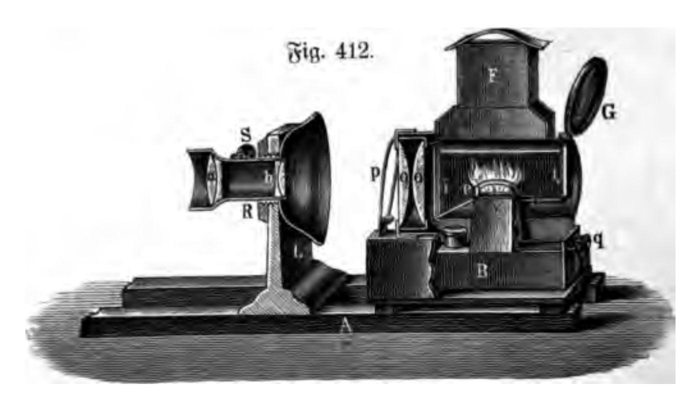


Fig. 412.



man sich zuweilen (nach Neu) durch Verstopfen der Fugen mit Glaserkitt helfen. Das äußere Gehäuse ist hinten abgeschlossen durch den aufschlagbaren Hohlspiegel G, vorn durch die plankonvexen Kondensationslinsen $o\,o$, welche die konvexen Seiten einander zukehren. p ist eine Klammer zum Befestigen von Bildern, falls solche projiziert werden sollen. Der Objektivkopf R mit den beiden achromatischen Linsen a und b und dem Trieb S ist auf einem verschiebbaren Träger befestigt und hinten mit einem glockenförmigen Schirm von Messingblech zur Abhaltung von seitlich vorbeigehenden Strahlen versehen [1]).

[1]) A. Krüß, Hamburg, Adolfsbrücke 7, liefert das Skioptikon zu 100 Mk.

Fig. 413 zeigt eine Skioptikonlampe mit vier Dochten im geöffneten Zustande. (Zu beziehen von Ernecke in Berlin zu 40 Mk.)

Fig. 413.

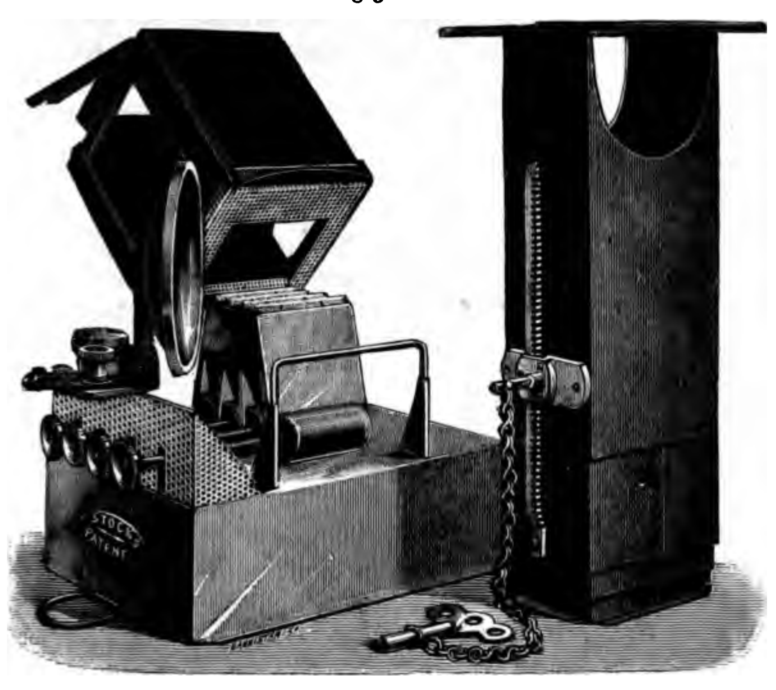
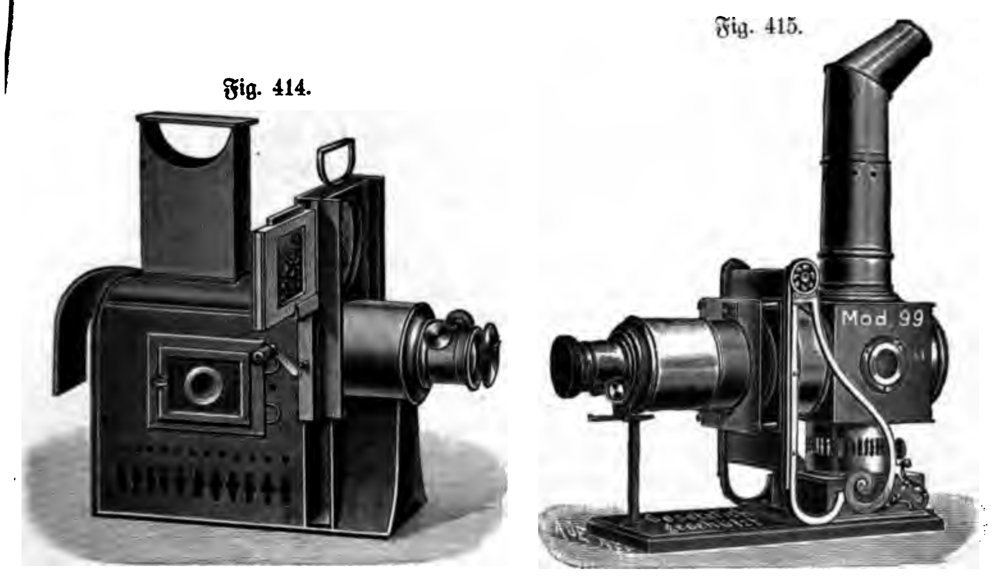


Fig. 414. Fig. 415.



Bei der in Fig. 414 dargestellten (von Ed. Liesegang zu beziehenden) Vortragslaterne läßt sich der Bildhalter hinauf- und hinunterschieben. Ist der Kasten heraufgezogen, so wird das Bild in dem unteren Rahmen projiziert. Inzwischen kann oben ein neues eingeschoben werden. Wird er nun heruntergedrückt, so kommt dieses neue an die Reihe u. s. w.

Einen einfachen Projektionsapparat mit Petroleumlampe nach Fig. 415 liefert Ed. Liesegang zu 55 Mk. In manchen Fällen ist schon eine gewöhnliche Petroleumlampe genügend. Einen solchen Apparat in Verwendung zur Projektion eines Elektroskops zeigt Fig. 416 (K, 65).

Fig. 416.



43. Der Heliostat und Scheinwerfer.

a) Heliostaten. Wenn zufällig gerade Sonnenschein vorhanden ist, kann zur Projektion natürlich mit Vorteil auch Sonnenlicht verwendet werden. Freilich kann man sich darauf sehr wenig verlassen und es kommt häufig vor, daß selbst an sonnigen Tagen die Sonne gerade in dem Moment durch eine Wolke verdeckt wird, wo das Licht besonders nötig ist. Immerhin soll, soweit mit den sonstigen Anforderungen, namentlich genügender Größe des Wasserdrucks und ausreichender Entfernung von frequenten Straßen verträglich, bei einem Neubau das Auditorium solche Lage und solche Einrichtung erhalten, daß die Projektionslaterne bequem durch einen Heliostaten ersetzt werden kann, und zwar nicht nur insofern dieselbe zur Projektion von Bildern dient, wie der in dem Projektionshäuschen aufgestellte große Apparat, sondern namentlich auch, insofern für optische Versuche parallele Strahlenbündel gebraucht werden, welche quer durch das Zimmer laufen, wozu Sonnenlicht weit besser verwendbar ist als das Licht der Laterne. Man kann geradezu das Einleiten solcher paralleler Strahlenbündel als den Hauptzweck des Heliostaten bezeichnen.

Ist es nicht möglich, dem Auditorium solche Lage zu geben, daß Sonnenlicht direkt eingeleitet werden kann, so ist zuweilen möglich, von dem Dach aus durch den Bodenraum und eine Lucke in der Zimmerdecke die Strahlen von oben her auf den Experimentiertisch zu leiten, von wo sie dann durch einen Spiegel nach Bedarf nach anderer Richtung abgelenkt werden können [1]).

---

[1]) Siehe R. Börnstein, Z. 5, 33, 1891. Schlegel (Z. 10, 201, 1897) findet die Methode Börnsteins zur Einleitung von Sonnenlicht nicht zweckmäßig. Eventuell könnte die Zuleitung des Lichtes von unten stattfinden, am bequemsten durch eine etwa 20 bis 30 cm weite Röhre, welche in schiefer Richtung genau der Erdachse parallel soweit abwärts geführt ist, bis sie aus der Außenwand des Gebäudes hinaustritt. Dort befindet sich in einem Kasten, dessen Deckel durch Anziehen einer Kette von dem Lehrsaal aus geöffnet werden kann, eingeschlossen, unmittelbar vor dem Ende der Röhre, ein Spiegel von elliptischem Umriß, welcher sich, ebenfalls vom Lehrsaal aus, vermittelst Schnüren um die Achse der Röhre, also um die Richtung der Erdachse drehen läßt und außerdem innerhalb solcher Grenzen gegen dieselbe geneigt werden kann, daß die Sonnenstrahlen der Achse der Röhre entlang in den Lehrsaal befördert werden. Die Einrichtung hätte die große Bequemlichkeit, daß, sobald einmal der Spiegel eingestellt ist, man nur nötig hat, denselben (etwa mittels eines Uhrwerks) gleichförmig in 24 Stunden einmal um die Achse der Röhre zu drehen, damit er jederzeit die Sonnenstrahlen in das Lehrzimmer befördert. Von einem Tage auf den anderen müßte natürlich die Neigung gegen die Erdachse etwas verändert werden, während des Verlaufs einer Vorlesung ist aber eine solche Korrektion unnötig. Die Lichtstrahlen treten also schief in der Richtung der Erdachse aus dem Kästchen heraus in einer Vertikalebene, die durch die Mittellinie des Experimentiertisches geht. Da man bei den meisten Versuchen,

In seiner einfachsten Form besteht der Heliostat aus einem viereckigen, mit breitem Falze versehenen Brette AB, Fig. 417, von hartem Holze, welches in einen Ausschnitt des Ladens MN paßt, und darin durch zwei Flügelschrauben, wie Fig. 418, erhalten wird. In der Mitte hat dieses Brett eine konische Öffnung C, die innerhalb durch ein dickes Messingblech ab geht, welches ein Gewinde hat, um verschiedene Ansätze einzuschrauben. Anstatt des Messingblechs kann auch eine kurze Röhre aus Holz oder Pappe angebracht werden, über und in welche die verschiedenen Apparate aufgesteckt werden können. Außerhalb befindet sich ein schmaler langer Spiegel in einer hölzernen Fassung, welcher durch ein einfaches Gelenk D mit dem hölzernen Nagel DE verbunden ist. Fig. 419 zeigt diesen Teil in größerem Maßstabe. Der Nagel DE hat bei F einen Anhalt und kann mittels der beiden Muttern GG, wovon die eine zum Versichern der anderen dient, in dem Brette

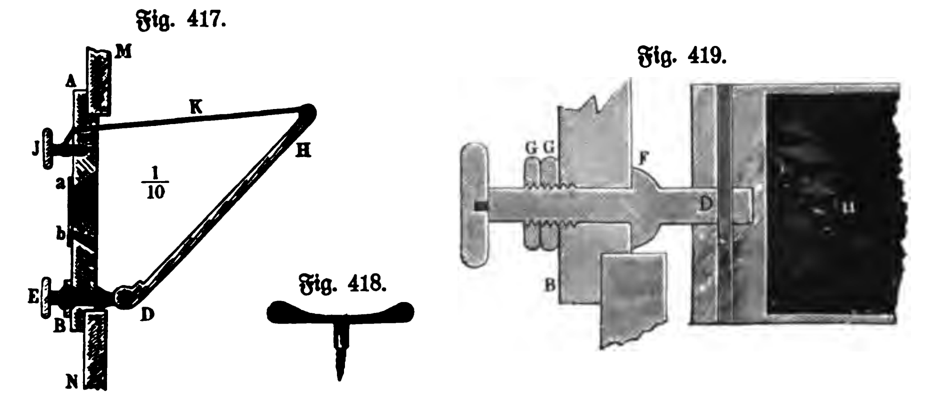


Fig. 417. Fig. 418. Fig. 419.

AB beliebig festgestellt werden, so daß er die nötige Reibung erhält, um durch den Zug des Spiegels DH nicht gedreht zu werden. Der Knopf E wird erst aufgeleimt, wenn alles an Ort und Stelle ist. Mittels der Schnur K, welche durch eine glatte Öffnung des Brettes AB geht, und um den durch Reibung feststehenden Nagel J geschlungen ist, erhält der Spiegel eine beliebige Neigung gegen die Drehungsachse DE.

Bei der Wahl des Spiegels muß man darauf sehen, daß derselbe aus sehr reinem und dünnem Glase besteht, damit man nicht mehr als zwei Bilder, und diese möglichst dicht übereinander erhält. Die Breite des Spiegels braucht nur wenig mehr als die Breite der Öffnung C zu betragen, allein von seiner Länge hängt es ab, wie lange es möglich ist, bei niedrigem Stande der Sonne die Strahlen noch horizontal durch die Öffnung C zu bringen.

---

wie z. B. bei Demonstration der Reflexion, der Brechung, der Farbenzerstreuung durch das Prisma u. s. w. schief gerichtete Strahlen nötig hat, so ist dies im allgemeinen ganz bequem. Ist aber, wie z. B. für das Sonnenmikroskop, horizontale Strahlung nötig, so muß man durch einen zweiten auf einem Stativ befestigten Spiegel, der nicht wie der erste bewegt zu werden braucht, die Strahlen in die gewünschte Richtung bringen. Dadurch geht zwar etwas Licht verloren, indes ist für die meisten Versuche der Verlust kaum von Bedeutung. Man hat noch den weiteren Vorteil, daß man durch Höher- und Tieferstellen dieses zweiten Spiegels und entsprechende seitliche Verschiebung horizontale Strahlen in jeder gewünschten Höhe über dem Experimentiertisch erhalten kann. Über die Anbringung eines Handheliostaten, wenn keine Maueröffnung vorhanden ist, siehe Heinrich, Z. 16, 279, 1903.

Bei dieser soeben angegebenen einfachen Einrichtung wird durch eine Drehung des Nagels E die Stellung des Spiegels gegen den Nagel J verändert, und die Schnur K bekommt eine schiefe Stellung gegen den Spiegel, wodurch nach und nach die Festigkeit des Apparates vielleicht leiden könnte. Dieses ist weniger der Fall bei der in Fig. 420 in der halben Größe dargestellten Vorrichtung. Hier ist der Spiegel durch ein rundes Stück Messing getragen, welches durch den Ansatz B und die Schraube A die gehörige Reibung gegen das Brett des Heliostaten erhält und an dem Gelenke C den Spiegel trägt. Innerhalb ist an dieses Messingstück mittels eines viereckigen Zapfens und des Stellschräubchens a der Griff D befestigt, an welchem der Spiegel gedreht wird. Durch dieses Messingstück geht die lange Schraube E, für die am Ende desselben eine Mutter geschnitten ist; diese Schraube dient dazu, mittels des am Spiegel angebrachten Sporns F die Neigung des Spiegels zu ändern.

Wenn man den Träger des Spiegels länger macht, wie in Fig. 421, und an der Fassung des Spiegels einen Bügel mit Schraube anbringt, so hat man den

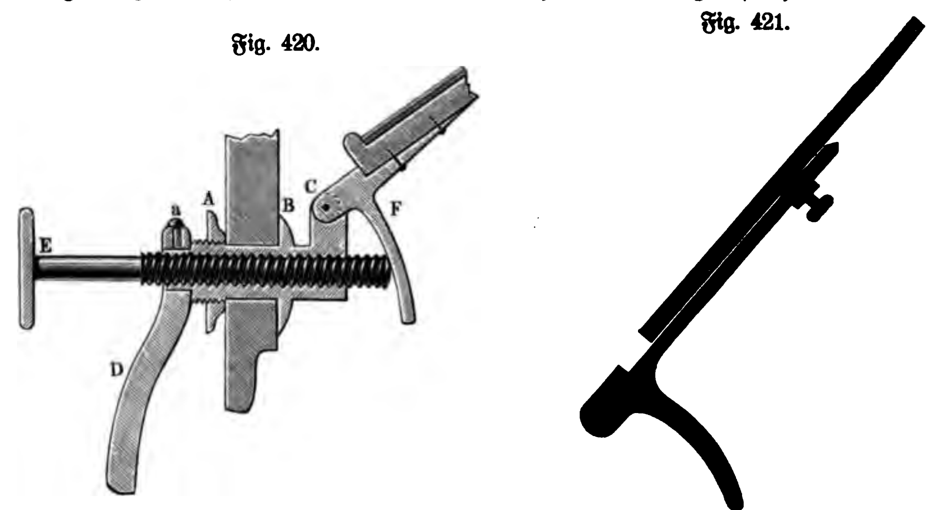


Fig. 420. Fig. 421.

Vorteil, anstatt des gewöhnlichen Spiegels auch einen solchen aus geschwärztem Glase anwenden zu können, welcher ein reines Sonnenbild und für die meisten Versuche Licht genug gibt. (Lb., 27.)

Bei keiner der beschriebenen Einrichtungen kann der Apparat sehr viel kosten und reicht zu allen Versuchen aus; man darf dabei freilich die Mühe nicht scheuen, die beiden Nägel E und J oder E und D fleißig zu handhaben, wenn der Sonnenstrahl dieselbe Richtung behalten soll; man erreicht die dazu erforderliche Übung sehr bald, und sie muß auch erlangt werden, wenn der Spiegel durch Zahn und Getriebe reguliert wird.

Fig. 422 zeigt einen derartigen Heliostaten nebst Mauerröhre und Einsätze mit Spalt, runden Öffnungen u. s. w. (K, 135); Fig. 423 einen allseitig beweglichen Spiegel auf Stativ, um dem eingeleiteten Lichtbündel im Auditorium andere Richtung zu geben (K, 28).

Eigentliche Heliostate mit Uhrwerk und Metallspiegel sind natürlich weitaus bequemer[1]), aber auch sehr kostspielig. Einige Konstruktionen sind folgende:

[1]) Uhlig (Progr. 1897) sagt: „Jahrelang habe ich mit Handheliostat gearbeitet, jetzt bediene ich mich eines teueren Uhrheliostaten von Fueß und stehe nicht an, denselben

Fahrenheit-Meyersteins Heliostat (Fig. 424). Ein Uhrwerk *cc* setzt die in der Richtung der Weltachse stehende Achse *aa* in Umdrehung, indem es

Fig. 422.



Fig. 423.





Fig. 424.



das daran befestigte Rad *b* in Bewegung setzt, so daß es in 24 Stunden einen Umlauf macht. Infolgedessen wird der am Ende von *aa* befestigte Spiegel *ss* sich so bewegen, daß die von seiner Mitte *o* nach der Sonne gezogene Linie *ro* jederzeit nach der Sonne gerichtet bleibt, also umgekehrt ein Sonnenstrahl stets unter dem gleichen Winkel *ros* auf den Spiegel auftrifft. Man gibt nun dem Spiegel mittels

trotz des hohen Preises so recht eigentlich als einen Apparat für die Mittelschule zu bezeichnen. Wie häufiges Nachrücken und Wiedereinstellen war dort nötig, während hier selbst langandauerndes Experimentieren ruhig und ungestört verlaufen kann. Im eigentlichen Sinne kann man sagen: was dort an Geld erhalten wurde, ging an Zeit reichlich verloren."

der Teilscheibe KK solche Stellung, daß der reflektierte Strahl gerade die Verlängerung von aa bildet. Da der Reflexionswinkel gleich dem Einfallswinkel und dieser bei der Drehung konstant ist, behält auch der reflektierte Strahl stets dieselbe Richtung gegen den Spiegel, folglich auch gegen die Weltachse, d. h. er verläuft jederzeit in der Richtung gegen den Nordpol des Himmelsgewölbes. Ist diese Richtung unbequem, so kann man den Strahl durch einen zweiten, feststehenden Spiegel (Fig. 423) in die gewünschte Richtung bringen.

Um die Achse des Apparates leicht in den Meridian bringen zu können, setzte August (und ebenso v. Littrow) den Apparat in Verbindung mit einer Sonnenuhr. Man hat ihn dann nur so aufzustellen, daß die Angabe der Sonnenuhr

Fig. 425.

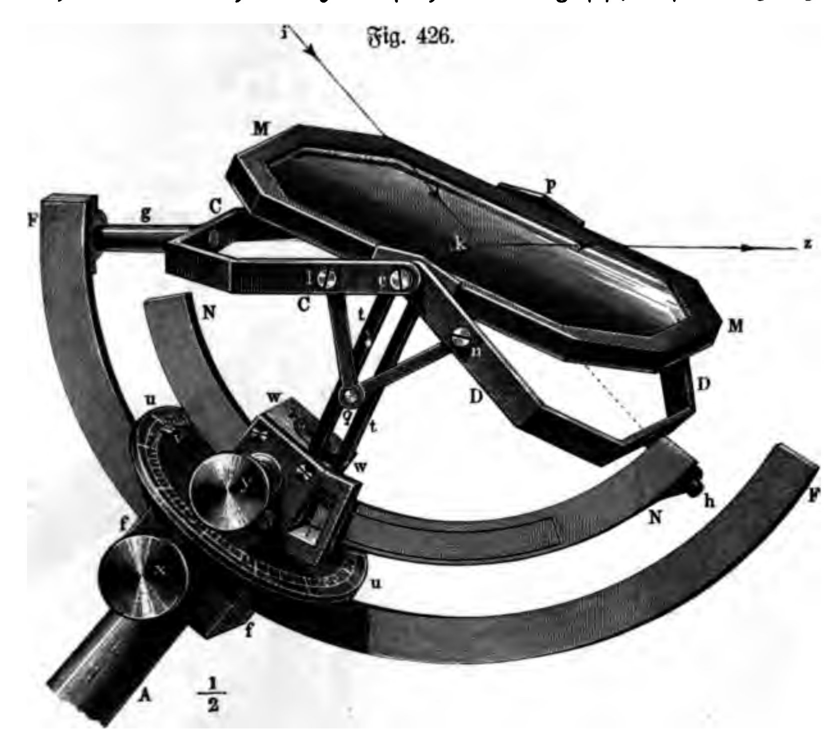


mit der einer gut gehenden Taschenuhr übereinstimmt. Die Neigung der Achse gegen den Horizont wird ein für allemal bestimmt, sie ist gleich der bekannten Polhöhe des Ortes, an dem der Heliostat aufgestellt wird.

Da durch Reflexion an zwei Spiegeln wie beim vorigen Heliostaten das Licht erheblich geschwächt wird, haben S'Gravesande, Gambey, Silbermann u. a. solche konstruiert, die nur einen Spiegel erfordern. Fig. 425 zeigt den ziemlich verbreiteten Heliostaten von Silbermann. Die Achse des Apparates, deren Ende bei a sichtbar ist, wird mittels des Gradbogens BB in die Richtung der Weltachse gestellt. Sie wird ebenso wie die des vorigen Apparates durch ein in dem Gehäuse TT enthaltendes Uhrwerk in 24 Stunden einmal um sich selbst gedreht. Man gibt ferner dem Bogen NN, welcher in dem würfelförmigen Ansatz ww der Achse a (Fig. 426) verschiebbar ist, solche Stellung, daß die durch die

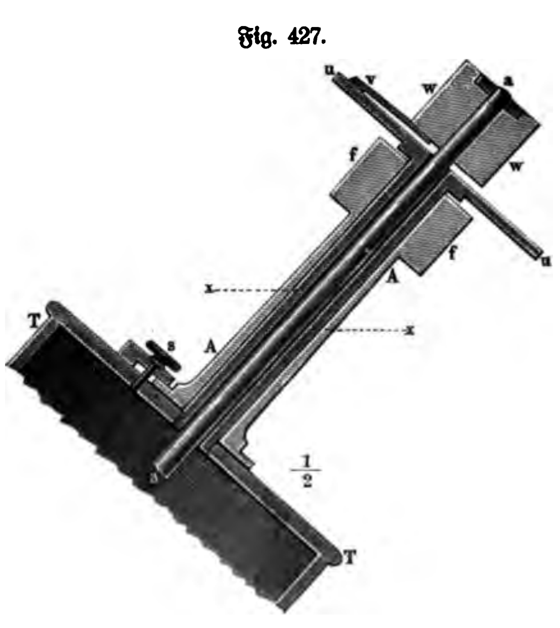
Mitte des Spiegels K gehende Linie hi nach der Sonne gerichtet ist, d. h. man klemmt ihn mit der Schraube y in solcher Stellung fest, daß der Index auf

Fig. 426.



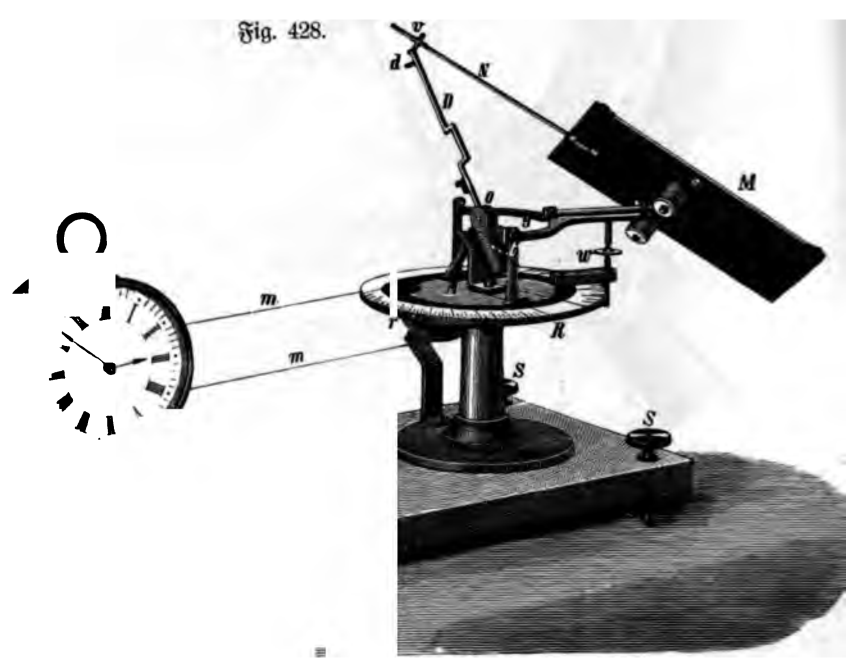
der Gradeinteilung des Bogens gerade die an dem betreffenden Tage herrschende Deklination der Sonne angibt. Der Ansatz ww selbst, welcher lose auf der Achse aa sitzt, wird mit einer in der Figur nicht sichtbaren Klemmschraube so festgestellt, daß der Zeiger v auf der in Stunden und Minuten geteilten Kreisscheibe u die Zeit angibt. Die Teilstriche auf u sind derart numeriert, daß die beiden, welche in der durch die Achse des Apparates gelegten Vertikalebene, d. h. in der Meridianebene liegen, welche also dem Mittag und Mitternacht entsprechen, mit 12 bezeichnet sind. Nun verschiebt man den Spiegel MM so, daß der reflektierte Strahl die Richtung erhält, die man ihm zu geben wünscht. Es sind hierzu zwei Verschiebungen nötig, nämlich eine Verschiebung des Bogens FF, welcher in seiner Führung ff

Fig. 427.



durch die Schraube x festgestellt werden kann, und eine Drehung der Säule A, Fig. 427, welche auf der das Zifferblatt uu tragenden Säule xx, durch welche die Achse aa lose hindurchgeht, sich drehen läßt und durch die Klemmschraube s festgestellt werden kann. Wird nun das Uhrwerk in Tätigkeit gesetzt, so behält der reflektierte Strahl ks stets die gleiche Richtung, d. h. die Richtung der feststehenden Achse g der den Spiegel haltenden Klammer C. Die beiden Klammern C und D sind nämlich durch das Scharnier c und die um l, n und q drehbaren Stängelchen lq und qn, deren Scharnier q genötigt ist, in der zum Spiegel senkrechten Gradführung tt zu laufen, so verbunden, daß die Winkel lcq und qcn stets gleich groß bleiben, wie sich auch die Achse a und damit der Bogen N und die Achse h drehen mögen. Da nun die Klammer D die Richtung von hi hat, so ist der

Fig. 428.



Winkel qcn gleich dem Einfallswinkel des Strahles ik, somit der Winkel lcq Scheitelwinkel zum Reflexionswinkel, und gk die Verlängerung des reflektierten Strahles ks. Da ferner gk feststeht, behält auch ks stets dieselbe Richtung.

Einen etwas einfacher konstruierten Heliostaten mit nur einem Spiegel hat Foucault konstruiert (Fig. 430, K, 950). Derselbe hat den Vorzug, daß der Spiegel sehr groß sein kann. Ein von Duboscq in Paris angefertigtes Exemplar hat einen Spiegel von 1,3 m Länge und 0,7 m Breite.

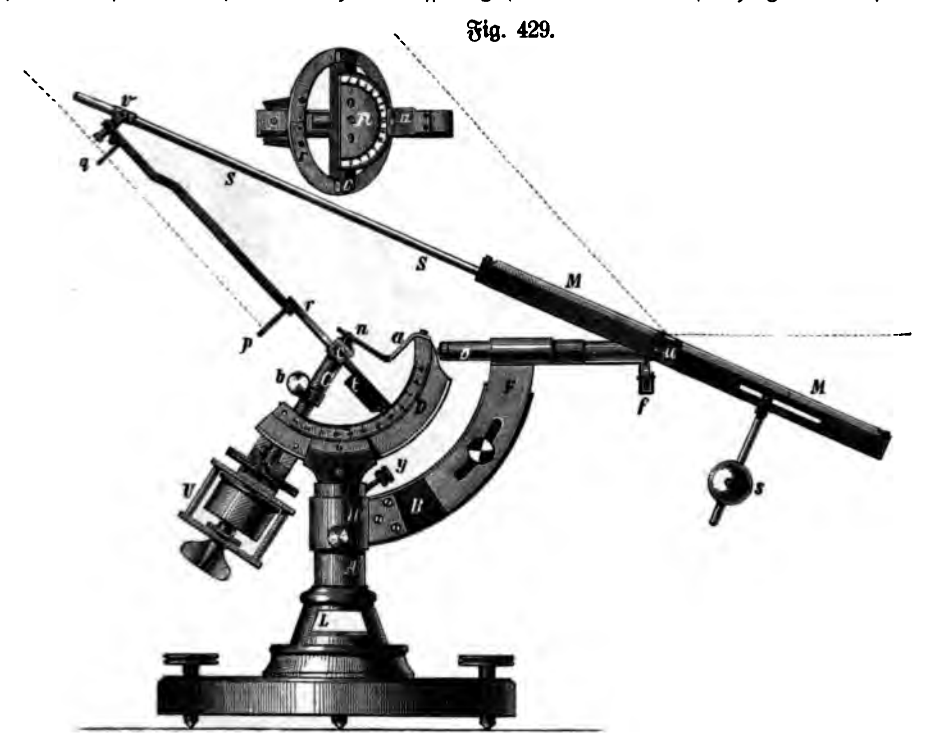
Der Heliostat nach Silbermann ist zu beziehen von Ph. Pellin (Duboscq) in Paris, Rue de l'Odéon 21, zu 720 bis 1000 Frank, der große Heliostat nach Foucault zu 2000 Frank.

Warmbrunn, Quilitz u. Co. in Berlin C., Rosenthalerstr. 40, liefern Meyersteins Heliostat zu 100 Mk., Silbermanns Heliostat zu 600 Mk., einen Heliostaten eigener Konstruktion zu 120 Mk.

Heliostat nach Joonston (Spencer). Fig. 428 zeigt ein von Schmidt und Haensch in Berlin hergestelltes Instrument. Das Uhrwerk U ist von dem

Träger des Spiegels isoliert, beide befinden sich aber auf einem gemeinsamen Grundbrette, welches durch die Schrauben *S*, *S*, *S* horizontal gestellt werden kann. Beim Gebrauch des Instrumentes entfernt man zunächst den auf der Teilscheibe *R* befindlichen Teil des Apparates und stellt dafür im Mittelpunkte einen Gnomon auf, d. h. benutzt *R* als Sonnenuhr. Man dreht das Instrument nun so lange, bis diese Sonnenuhr die wahre Sonnenzeit angibt. Alsdann wird der abgehobene Teil wieder aufgesetzt, und man ist nun sicher, daß die Achse *A* die Richtung der Weltachse hat. Am oberen Ende des Stabes *o d* ist ein kleiner Schirm mit Öffnung befestigt und am unteren ein anderer kleiner Schirm mit Marke. Man stellt *o d* so ein, daß ein durch die Öffnung fallender Sonnenstrahl gerade auf die

Fig. 429.



Marke trifft, und bewegt schließlich den Spiegel *M* so, daß der reflektierte Strahl gerade die gewünschte Richtung erhält. Es ist dies möglich, da die Achse *g* des Spiegels drehbar auf einer Gabel befestigt ist, die sich um die Achse *t* drehen kann und durch die Schraube *w* gehoben und gesenkt werden kann. Der Stab *N* geht lose durch eine Führung *v* am Ende des Stabes *D* hindurch. Nachdem die Einstellung beendet ist, wird durch die Schnur *m m* das Rad *r* an der Achse *A* mit dem Bodenrad der Uhr verbunden, womit der Apparat in Tätigkeit gesetzt ist. Die Achse *A* hat solche Neigung, wie sie dem 50. Breitenkreise entspricht. Soll das Instrument für einen anderen Breitenkreis gebraucht werden, so verstellt man das Brett *B* mit der Schraube *s*, bis ein Zeiger auf der Teilung *P* die richtige Breite angibt. Man stellt dann mittels der Schrauben *S*, *S*, *S* das Grundbrett nicht horizontal, sondern so, daß das Brett *B* horizontal steht, wozu auf letzterem eine Dosenlibelle angebracht ist. (Der Apparat ist zu beziehen von Schmidt und Haensch in Berlin, Stallschreiberstr. 4, zu 135 Mk.)

Heliostat nach Fueß (Fig. 429). Man stellt zunächst durch die Stellschrauben den Fuß horizontal, wozu in dem Einschnitt L der Achse eine Dosenlibelle angebracht ist. Nun verschiebt man den Gradbogen D in der Klammer, durch welche er festgehalten wird, bis der Index d die Breite des Ortes zeigt, an dem man sich befindet, und klemmt ihn so fest. Man löst nun die Schraube b und dreht die Hülse C, somit auch den durch die Achse c damit verbundenen Ring r (in der kleinen Figur oben besonders, von oben gesehen, dargestellt) so lange, bis eine Marke auf r auf eine längs des Innenrandes von D gezogene Linie fällt, und zieht die Schraube b wieder an. Hierdurch wird der Ring r senkrecht zur Fläche von D gestellt, was nur vorläufig nötig ist, um einstellen zu können. Man dreht nämlich nun r so lange, bis seine Kante auf der inneren Teilung von [illegible] die Deklination der Sonne angibt. Das Gewicht t dient nur als Gegengewicht gegen das Gestänge auf der anderen Seite des Ringes. Die Reibung der Achse c ist genügend, um den Ring in der gegebenen Stellung festzuhalten. Nun wird die Schraube b wieder gelöst und C so lange gedreht, bis der Zeiger a auf dem Zifferblatte a die Zeit angibt, dann b wieder angezogen und der obere Teil des Apparates um die vertikale Achse A so lange gedreht, bis ein durch die Öffnung des kleinen Schirmes q gehender Lichtstrahl auf eine Marke des Auffangeschirmes p fällt, worauf man auch die Schraube y anzieht und dadurch den oberen Teil in dieser Stellung fixiert. Hierdurch ist die Achse x der Weltachse parallel gestellt worden, und man hat nun nur noch den Spiegel MM so zu stellen, daß der reflektierte Strahl die gewünschte Richtung erhält, und das Uhrwerk U in Tätigkeit zu setzen. Die Verschiebung des Spiegels ist möglich, da sich der Bogen B mit der Hülse H um die Achse A drehen und durch das Stück F verlängern läßt. Die Schrauben an H und F dienen zum Fixieren der Verschiebung. Das Laufgewicht s dient dazu, den Schwerpunkt des Spiegels in die Drehachse u zu legen, und die kleine Friktionsrolle v nimmt fast die ganze Last des Spiegels auf, so daß die Achse o nur sehr geringen Druck auf ihr Lager ausübt. Hierdurch wird es möglich, selbst durch ein schwaches Uhrwerk einen sehr großen Spiegel zu bewegen. (Zu beziehen von R. Fueß, Berlin-Steglitz, zu 380 Mk., ein kleineres Modell mit fester Polhöhe zu 250 Mk.)

Fig. 430.



Um Strahlenbündel von großem Durchmesser (etwa 0,5 m) zu erzeugen, wie sie für große Konvexlinsen, Plan- und Hohlspiegel erforderlich sind, benutze ich einen

entsprechend großen gewöhnlichen Spiegel [1]), welcher allseitig beweglich auf einer besonders für diesen Zweck angebrachten Terrasse vor dem rechts von dem Experimentiertisch befindlichen Fenster des Auditoriums aufgestellt und durch einen dabei stehenden Gehilfen fortwährend so gerichtet wird, daß sein Licht gerade auf die Öffnung einer entsprechend weiten Röhre fällt, welche lichtdicht in dem Fensterladen befestigt ist. Diese Röhre ist etwa 3 m lang und 0,5 m weit, aus leichten Latten und Pappdeckel verfertigt und außen und innen mattschwarz angestrichen [2]).

Fig. 431.

Auch beim Gebrauch des gewöhnlichen Heliostaten pflege ich in die Öffnung der Wand des Lehrsaales ein mindestens 1 m langes, innen geschwärztes Blechrohr einzusetzen, welches verhindert, daß anderes Licht als das von dem Heliostaten reflektierte in das Lehrzimmer eindringe. Es ist dies eine sehr nützliche, einfache

Fig. 432.



[1]) Fig. 430 zeigt einen zu gleichem Zwecke dienenden großen Heliostaten nach Foucault (K, 950). — [2]) Heliostaten liefern: Eug. Albrecht, Universitätsmechaniker, Tübingen, Uhlandstraße 8; E. Diederichs, Werkstatt für wissenschaftliche Instrumente, Göttingen, Walkenmühlenweg 12; R. Fueß, Werkstätte für wissenschaftliche Instrumente, Steglitz bei Berlin; G. Halle, Werstätte für wissenschaftliche und technische Präzisionsinstrumente, Rixdorf bei Berlin; H. Heele, Werkstätte für Optik und Präzisionsmechanik, Berlin, Grüner Weg 104; Schmidt und Haensch, Fabrik für wissenschaftliche Instrumente, Berlin S., Stallschreiberstraße 4; L. Tesdorpf, Werkstätte für wissenschaftliche Präzisionsinstrumente, Stuttgart, Forststr. 75; O. Töpfer, Werkstätte für wissenschaftliche Instrumente, Potsdam, Mammonstraße 3.

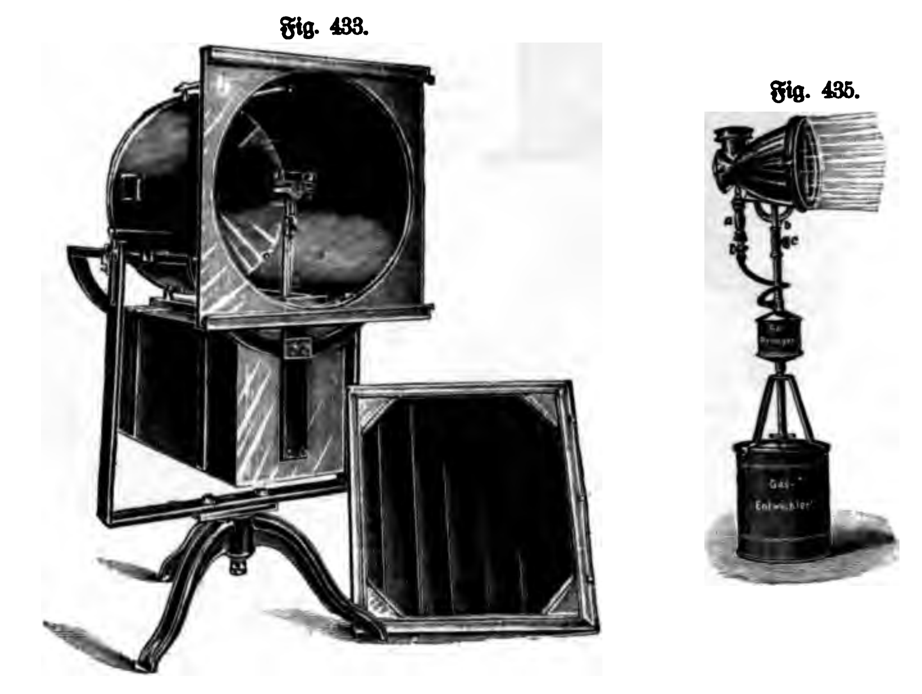
Schutzvorrichtung, welche namentlich dann unentbehrlich ist, wenn man ausgedehnte Spektren entwirft, oder sehr starke Vergrößerungen bei Projektionen benutzt.

Leichter und zweckmäßiger als ein Blechrohr ist manchmal ein Blasebalgauszug, wie er bei photographischen Cameras gebräuchlich ist und eventuell aus steifem Papier und Leinwand selbst hergestellt werden kann.

b) Scheinwerfer. Sehr große Strahlenbündel, wie sie mittels des erwähnten großen Heliostaten gewonnen werden können, lassen sich nicht wohl mit einer Projektionslaterne erzielen. Steht keine Sonne zur Verfügung, so ist man darauf angewiesen, einen Scheinwerfer[1]) zu benutzen.

Fig. 433.

Fig. 435.



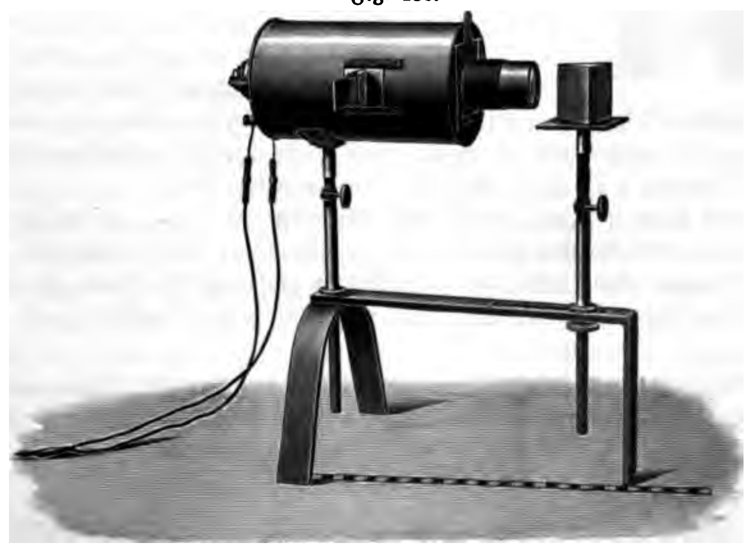
Eine Glühlampenlaterne mit Nernstlampe nach Fig. 436, welche in manchen Fällen an Stelle der Bogenlichtlaterne oder des Heliostaten gebraucht werden kann,

[1]) Solche sind zu beziehen von Siemens und Halske, Schuckert u. Co. und C. und E. Fein in Stuttgart. Letztere Firma liefert einen kleinen Scheinwerfer mit Selbstregulierung (Fig. 431) zu 240 Mk., dazu ein Stativ aus Gußeisen von 90 cm Höhe mit horizontaler und vertikaler Bewegung zu 70 Mk. Fig. 432 zeigt einen Scheinwerfer mit Handregulator, Fig. 433 einen solchen mit automatischer Regulierung (zu beziehen von K. Weinert, Bogenlampenfabrik, Berlin SO. 33, Muskauerstr. 32, ersterer zum Preise von 150 Mk., letzterer zu 250 Mk.); Fig. 434 einen großen Scheinwerfer (von Weinert, Preis 750 Mk.). Scheinwerfer für Bühnenbeleuchtung liefern Aug. Schwarz, Elektrische Fabrik, Frankfurt a. M., Kl. Schifferstr. 5 bis 9; Stralsunder Bogenlampenfabrik, Stralsund, u. a. Acetylenscheinwerfer (Fig. 435) sind zu beziehen von E. Sonnenthal, Berlin C., Neue Promenade 6, zu 185 Mk. Reflektoren verschiedener Art liefern F. F. A. Schulze, Fabrik für Marinelaternen, Reflektoren u. s. w., Berlin N., Fehrbellinerstr. 47/48; Gebrüder Schiffmann, Metallwarenfabrik, Leipzig; B. Weidner, Metalldrückerei, Berlin SW., Wassertorstraße 54; M. Steinmetz, Metalldrückerei, München, Maistraße 13; Julius Weidener, Optiker, Dresden, Wallstr. 2; A. Häußermann u. Co., Ludwigsluft (Württ.); Herm. Kremer Nachf., Emaillierwerk, Krefeld.

Fig. 434.



Fig. 436.



beschreibt Grimsehl, Verhandl. d. d. phys. Ges. 1903, S. 321. Dieselbe ist ausreichend zur Demonstration der Spektralerscheinungen der Wirkungsweise der optischen Instrumente durch Sichtbarmachung der Strahlen im Tabaksdampf u. s. w. Der glühende Stab vertritt die Stelle eines spaltförmigen Diaphragmas, durch welches das Strahlenbündel austritt.

44. Das Projektionsmikroskop. Zur Demonstration verschiedener Vorgänge auf dem Gebiete der Molekularphysik, insbesondere des Kristallwachstums, molekularer Umlagerungen und elektrolytischer Prozesse, benutze ich ein Projektionsmikroskop, dessen Hauptteile aus der nach einem älteren Exemplar gezeichneten Fig. 437 zu erkennen sind. Den Hauptteil bildet natürlich das Objektiv A[1]), welches mittels einer Parallelogrammführung B, wie sie ähnlich bei den Mikroskopen von Seibert und Krafft zur Anwendung kommt, durch die Schraube P eingestellt werden kann. Der Objekttisch C ist längs des geschlitzten vertikalen Ständers V verschiebbar und kann durch eine Griffschraube D festgestellt werden. Das Präparat liegt auf zwei Schienen $a\,a$, um der Luft möglichst freien Durchgang zu gewähren; dicht neben dem Objektiv befinden sich zwei Blasröhrchen $b\,b$, welche von oben beständig Luft darauf leiten, um es kalt zu halten. Der bewegliche gläserne Brenner d, welcher zur Erwärmung der Präparate dient, empfängt ähnlich wie eine Gebläselampe einen Gas- und Luftstrom, welche durch die Schraubhähne e und f reguliert werden können. Der Schraubhahn g dient zur Regulierung des Luftstromes, welcher den beiden Blasröhrchen durch in dem Vertikalträger verlaufende Kanälchen zugeführt wird. Die Verbindung der Schraubhähne mit den Ausströmungsröhren ist bei diesem Mikroskop der Einfachheit halber durch enge Kautschukschläuche bewirkt, welche auch für diesen Zweck völlig genügen, allerdings bald verderben und deshalb zeitweise durch neue ersetzt werden müssen.

Fig. 437.



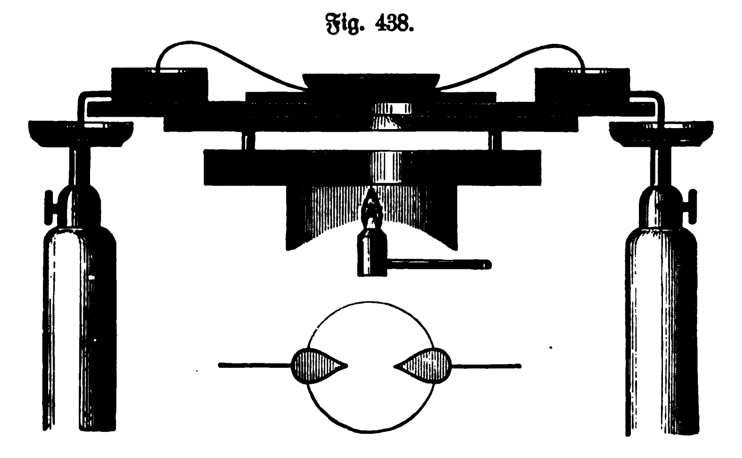
Bei einer neueren Form, welche vom Mechaniker E. Feldhausen in Aachen zu beziehen ist, sind die Kautschukschläuche vermieden und durch Bohrungen in den Metallteilen ersetzt. An Stelle des zerbrechlichen gläsernen Brenners tritt ein sich gabelförmig teilender Brenner aus dünner Stahlkapillare, welcher zwei gegen-

[1]) Als Objektive empfehlen sich für schwache Vergrößerungen die Mikroplanare des Zeißwerks in Jena. Projektionsobjektive liefern ferner: E. Leitz in Wetzlar; R. Winkel in Göttingen und E. Hartnack in Berlin.

einander brennende Flämmchen erzeugt, zwischen welchen das Licht ungehindert hindurchgehen kann. Die Schienen *aa* sind ersetzt durch ein kleines Objekttischchen, welches auf drei kleinen Säulen steht, zwischen welchen die heiße Luft entweichen kann. Dasselbe kann durch eine Zahnradübersetzung auch in heißem Zustande um seine Achse gedreht werden. Um allzu starke Erhitzung zu verhindern, richten sich von unten dagegen drei Blasröhrchen, welche dann benutzt werden, wenn schon die Hitze des elektrischen Lichtes das Präparat zu stark erwärmt.

Zur Demonstration der Elektrolyse werden seitlich zwei isolierte Quecksilbernäpfe angebracht, welche mit zwei, je nach Bedarf verschieden weit entfernten Punkten eines im Nebenschluß zu der Projektionslampe liegenden großen Widerstandes in Verbindung stehen. In die Leitung wird außerdem ein Stromschlüssel und ein Kommutator eingeschaltet, um den Strom unterbrechen oder umkehren zu können. In diese Quecksilbernäpfe tauchen, wie aus Fig. 438 zu ersehen, die Enden zweier hakenförmig gebogener Drahtstücke, deren andere Enden in Quecksilbernäpfe einmünden, die auf einer auf dem Objekttisch liegenden, in der Mitte ausgeschnittenen

Fig. 438.



Platte isoliert aufgekittet sind. Auf diese Platte kommt der Objektträger, auf welchen man einen Tropfen der zu benutzenden Lösung aufgetragen und wie gewöhnlich mit einem flachen, die konkave Seite nach oben kehrenden Uhrglas bedeckt hat. Ist dasselbe aufgesetzt, so schiebt man von beiden Seiten die Elektroden ein, bestehend aus pfeilförmig zugeschnittenen Stückchen Platinblech, welche an sehr dicke, horizontal zickzackförmig hin und her gebogene Platindrähte angelötet sind. Die Drähte sind, wie aus der Figur zu ersehen, stark gebogen und werden so gestellt, daß ihre Enden gerade in die vorerwähnten Quecksilbernäpfe eintauchen.

Diese Anordnung, deren ich mich zur subjektiven Beobachtung schon seit längerer Zeit bediene, gewährt vor anderen bekannten den großen Vorteil, daß keine besonderen Objektträger und Deckgläschen für Elektrolyse nötig sind, daß dieselben leicht gereinigt und an ihren Ort gebracht werden können und insbesondere, daß auch die Elektroden leicht zu reinigen, an ihren Ort zu bringen und, wenn nötig, durch andere neue zu ersetzen sind. Bei Verschiebung des Präparats verschiebt man natürlich nicht den Objektträger, sondern die Platte, auf welcher derselbe aufliegt, was aber ebenso leicht auszuführen ist, wie das Verschieben eines einfachen Objektträgers, da keinerlei feste Verbindung mit der Stromquelle durch Drähte, Federn und dergleichen die Bewegung hindert.

Das Licht der zur Beleuchtung dienenden elektrischen Lampe gelangt zunächst in die rechtwinklig dreiseitig prismatische Kammer N, längs deren Hypotenusenfläche ein Planspiegel Q von oben eingeschoben werden kann. Diese Kammer ist wasserdicht und wird mit ausgekochtem, destilliertem Wasser gefüllt[1]). Durch zwei unten angebrachte Hähne kann es nach dem Gebrauche abgelassen werden. Um allzu starke Erwärmung zu verhindern, läuft im Innern der Kammer den Wänden entlang ein dünnes Schlangenrohr, welches beständig von kaltem Wasser durchströmt wird. In dem Deckel der Kammer über der Wasserfüllung befindet sich eine verstellbare plankonvexe Kondensationslinse R mit kurzer Brennweite, welche ein Bild der weißglühenden positiven Kohlenspitze auf das Präparat entwirft und dasselbe somit intensiv beleuchtet. Die aus dem Objektiv austretenden Strahlen gelangen in ein rechtwinkliges Prisma S, welches dieselben in rechtem Winkel bricht und auf den Schirm leitet, auf welchem das Bild aufgefangen werden soll. Durch eine Stellschraube läßt sich dieses Prisma, dessen Gehäuse um ein Scharnier drehbar ist, innerhalb geringer Grenzen neigen, so daß das Bild höher oder tiefer gestellt werden kann; es läßt sich außerdem um eine Vertikale drehen, so daß auch beliebige Verschiebungen nach rechts und links möglich sind.

Sollen die Erscheinungen im polarisierten Licht demonstriert werden, so setzt man auf die Linse R ein großes Nicolsches Prisma und dicht über das Objektiv ein kleineres.

Um raschen Übergang von gewöhnlichem zu polarisiertem Licht zu ermöglichen, lassen sich die Prismen auf Schlitten zur Seite schieben und wieder in das Strahlenbündel einschieben. Selbstverständlich sind dieselben auch um ihre Achse drehbar. Hierzu ist jeder mit einem kleinen Griff versehen.

Der untere Rand des Objektivs ist geschwärzt, und außerdem ist durch verschiedene in der Figur nicht sichtbare Hülsen und Schirme dafür gesorgt, daß nur sehr wenig zerstreutes Licht aus dem Apparat herausgelangen und das Zimmer erhellen kann, da zur Erzeugung guter mikroskopischer Projektionen absolute Dunkelheit des Zimmers erforderlich ist.

Zum Auffangen der Bilder benutze ich einen quadratischen Schirm von 2 m Seitenlänge, welcher auf einem beweglichen Stativ aufgestellt wird, der Apparat selbst wird bei E (Fig. 3, S. 11) aufgestellt. Die Bänke sind dort derart durchschnitten, daß sich durch Wegnahme verschiedener Teile Raum für das Mikroskop gewinnen läßt.

Außer zu Demonstrationszwecken kann dieses Mikroskop auch zur Photographie dienen, indem man die Bilder in eine gewöhnliche photographische Camera, deren Objektiv entfernt ist, hineinprojiziert[2]). Man kann so Photographien in sehr großem Maßstabe erhalten, dieselben im Positiv retouchieren, mit der gewöhnlichen Camera verkleinern und die so erhaltenen Bilder z. B. zu Demonstrationen mit Hilfe des Skioptikons verwenden, da, wo direkte Projektion mit Hilfe des beschriebenen Projektionsmikroskopes nicht möglich ist.

Die sonst gebräuchlichen Projektionsmikroskope eignen sich im allgemeinen nicht für physikalische Zwecke, weil entweder der Objekttisch nicht horizontal steht, oder weil Heiz- und Kühlvorrichtungen nicht angebracht werden können.

---

[1]) Neuhauß empfiehlt 5 prozentige Eisenchlorürlösung. — [2]) Siehe O. Lehmann, Flüssige Kristalle. Leipzig, W. Engelmann, 1904.

Die einfachste und älteste Form derselben ist das Sonnenmikroskop, Fig. 439. Dasselbe wird in die Öffnung des Heliostaten eingeschraubt und enthält in einer Fassung *ab* ein breites Konvexglas von 12 bis 20 cm Brennweite, welches die Strahlen auf das bei *f* befindliche Präparat konzentriert.

Hat der Heliostat keine Schraube, sondern eine kurze Röhre, so befestigt man das Konvexglas unmittelbar in die Papprӧhre *mm*, indem man noch einen Ring von Pappe etwa 1 cm vom Ende einleimt, auf diesen das Glas legt und dieses, wie in der hölzernen Fassung, durch einen vorgelegten Drahtring befestigt; diese Röhre muß dann in jene am Heliostaten passen. In die Röhre *mm* muß eine zweite *gg* passen (von alten Fernröhren bekommt man gelegentlich leicht solche Röhren, in welcher die hölzerne Fassung *nn* steckt, die in Fig. 440 in größerem Maßstabe dargestellt ist. Sie hat in der Mitte eine Öffnung *c* und über dieser das zweimal rechtwinklig gebogene Blech *dd*, auch dieses hat in der Mitte eine Öffnung und trägt die kurze Röhre *oo*. Letztere muß so weit sein, daß man die Objektivlinsen hineinstecken kann. Da man nämlich doch darauf sehen muß, ein

Fig. 439.

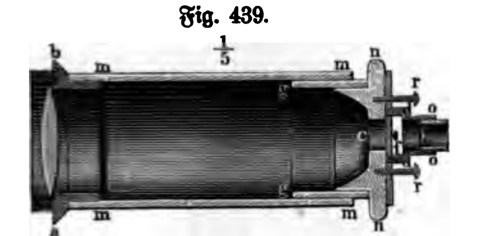


Fig. 440.

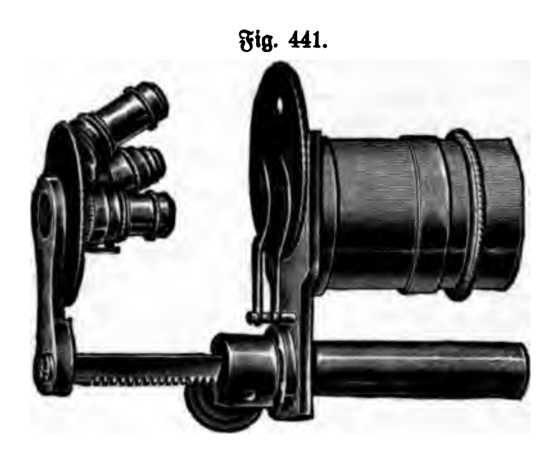


gutes zusammengesetztes Mikroskop zu erhalten, so nimmt man die achromatischen Linsen desselben und fertigt kurze Röhrchen aus Pappe, in welche man die Fassung der Linsen einschrauben kann; sie halten hinreichend fest darin ohne hölzerne oder messingene Fütterung. Diese Röhrchen nun müssen in die Röhre *oo* passen und sich bis auf den Grund derselben schieben lassen; es ist sogar zweckmäßig, wenn die Öffnung im Bleche *dd* so weit ist als die Röhre *oo*. Alle inneren Teile sind mit Tusche schwarz anzustreichen. Über das Blech *dd* wird eine Platte *ee* mit quadratischem Ausschnitte gestreift; sie hat zwei Knöpfe *f*, um sie bequem fassen zu können, und außerdem zwei Löcher, durch welche die Schrauben *rr* in die Fassung *nn* geschraubt sind; um diese Schrauben liegen zwei Spiralfedern aus hart gezogenem Messingdraht (Klaviersaiten), welche die Platte *ee* gegen die hölzerne Fassung drücken. Die zu vergrößernden Gegenstände werden in passender Fassung zwischen die Platte *ee* und die Fassung *nn* gebracht.

Trockene Gegenstände werden in den gewöhnlichen Objektenschiebern eingebracht; Flüssigkeiten aber als Tropfen auf einem Stückchen Spiegelglas, oder für die meisten Fälle besser in einem hölzernen Schieber, in welchem zwei Plättchen von dünnem Spiegelglase, welche etwa 1 bis 3 mm Abstand haben, eine Art von kleinem Troge bilden. Die Röhre *gg* wird so weit in *mm* geschoben, daß trockene und tote Gegenstände im Brennpunkte der Beleuchtungslinse stehen; für lebende Gegenstände oder

[1]) Über einen Projektionsapparat für den mineralogischen Unterricht siehe R. Brauns, Neues Jahrb. für Mineral. 2, 1, 1903.

Fig. 441.



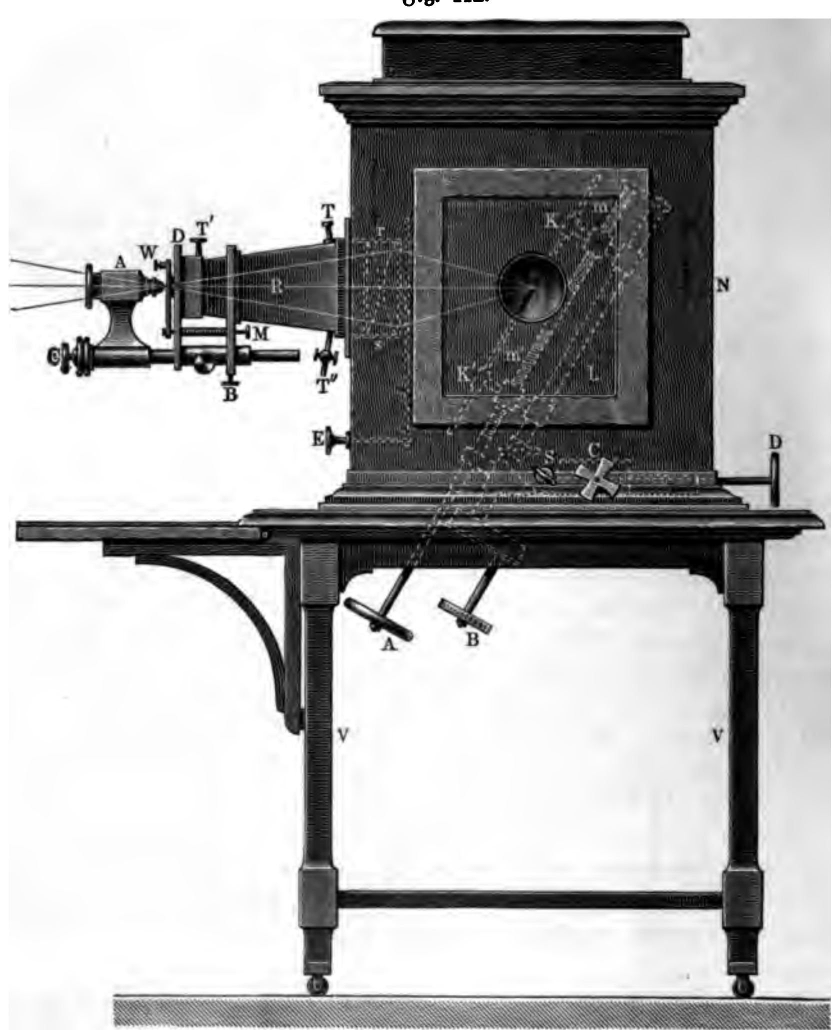
Flüssigkeiten muß man auf eine so starke Beleuchtung verzichten, weil die Hitze hinderlich würde, und daher die Röhre *g g* tiefer einschieben.

Fig. 441 (v. E. Leybolds Nachf. in Köln) zeigt das Festklemmen eines Präparats durch Federn.

Ein älteres elektrisches Projektionsmikroskop nach Stricker von Plöß in Wien zeigt Fig. 442.

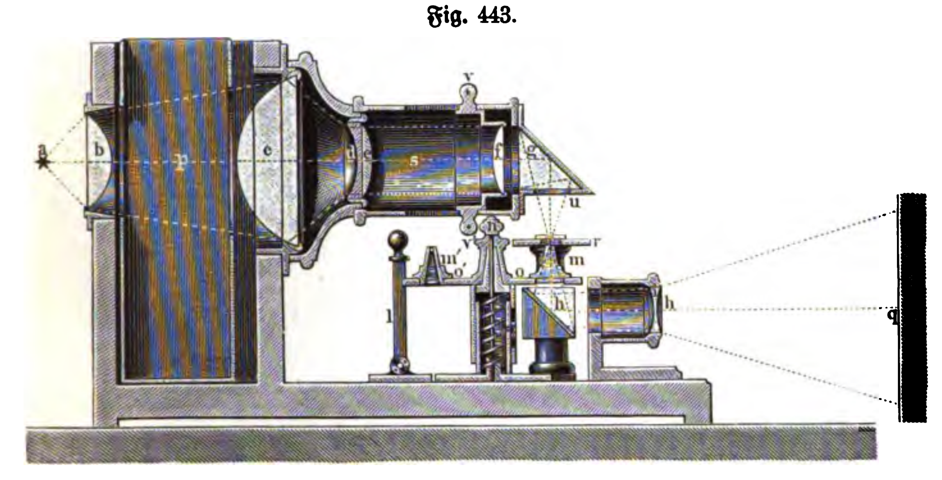
Ein gut wirkendes, freilich auch sehr teures Mikroskop mit horizontalem Objekttisch hat H. Schröder konstruiert (Fig. 443). Das Licht

Fig. 442.



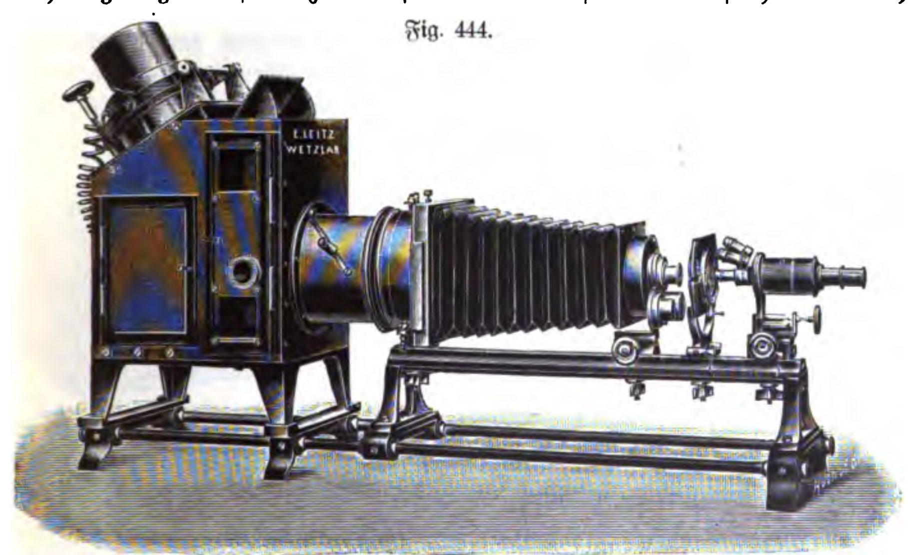
gelangt von der Lichtquelle *a* zunächst auf die Kondensationslinse *b*, durchdringt den mit Alaunlösung gefüllten Trog *p*, dann die Kondensationslinse *c*, sowie die Linsen *d*, *e* und *f* und schließlich das rechtwinklige, auf seiner Hypotenusenfläche versilberte Crownglasprisma *g* und wird von diesem auf das Präparat *r* geworfen. Die

Fig. 443.



Objektive *m* und *m'* sind auf einer Drehscheibe *o o'* befestigt, so daß sie sich durch Auslösung des Hebels *l* leicht wechseln lassen. Die aus dem Objektiv austretenden Strahlen gelangen auf ein zweites Prisma mit versilberter Rückfläche und durch

Fig. 444.



die Linse *h* auf den Schirm *q*. Bei *S* kann, wenn nötig, ein Polarisator und bei *u* ein Gipsblättchen eingeschaltet werden. Die Einstellung geschieht an den Knöpfen *n* und *v v'*. Ein Mangel dürfte geringe Lichtstärke sein.

Fig. 444 zeigt einen neueren mikroskopischen Projektionsapparat von **E. Leitz**, optische Werkstätte, Wetzlar.

Einen Projektionsapparat, welcher sowohl für gewöhnliche Zwecke, als auch zur Projektion mikroskopischer Präparate benutzt werden kann (Fig. 445), liefert

die optische Werkstätte von Carl Zeiß in Jena. Die Erhellung des Zimmers durch zerstreutes Licht wird durch seitlich angebrachte Vorhänge verhindert.

Fig. 445.

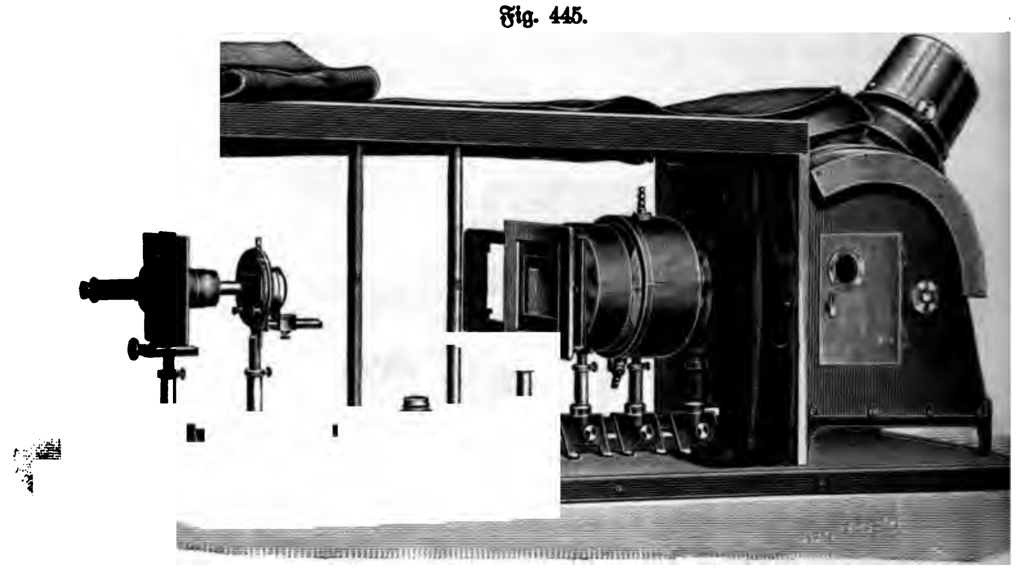


Fig. 446 zeigt ein Kästchen zur Aufbewahrung von Präparaten (Lb, 0,6 bis 2,25), Fig. 447 ein Gläschen für Canadabalsam, dessen man bedarf zum Aufkitten der Deckgläschen, Fig. 448 ein Kästchen aus Glasplatten (Lb, 1,2 bis 2,5), geeignet zum Einlegen von Präparaten und anderen Utensilien, wie Präpariernadel, Spartel, Pipetten u. s. w. beim Gebrauch des Mikroskops.

Fig. 446.

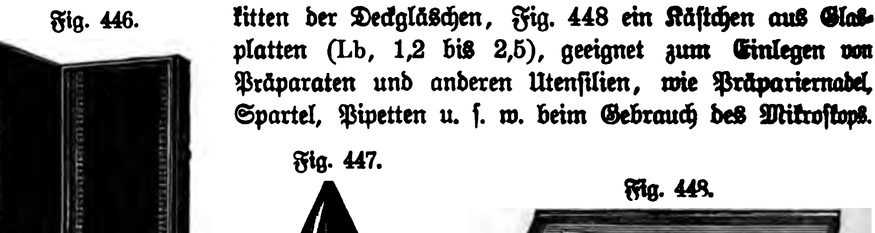
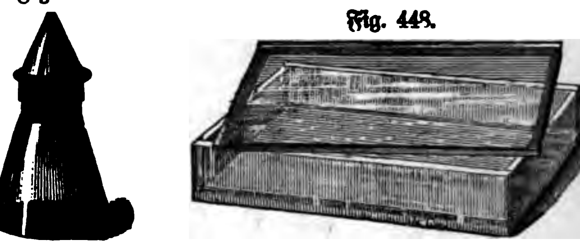


Fig. 447.

Fig. 448.



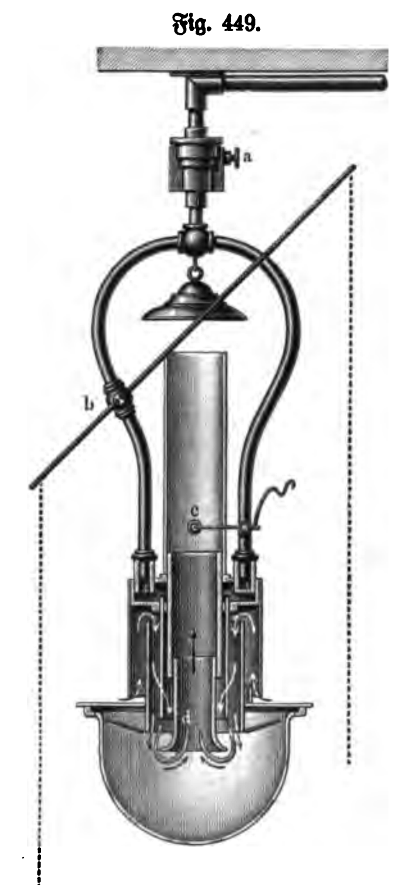
45. Die Beleuchtung. Bei der in Fig. 3 dargestellten Einrichtung des Auditoriums sind zur Beleuchtung des Experimentierraums und der Tafeln zwei Siemensbrenner *g* und *h* und zwei Bogenlampen *e* und *f* vorgesehen.

Die Einrichtung eines Siemensschen Regenerativbrenners zeigt Fig. 449. Solche Brenner haben den Vorzug, daß sie das Licht hauptsächlich nach unten werfen, also wenig störend hoch an der Decke angebracht werden können, dagegen den schwerwiegenden Nachteil, daß sie sehr konstanten Gasdruck verlangen und bei nur wenig über das Normale gesteigertem Druck stark rußen, die Zimmerluft verschlechtern und Decke und Wände schwärzen, ganz abgesehen von dem verhältnismäßig starken Gasverbrauch. Der einfache der Lampe vorgeschaltete Gasdruckregulator *a* (Fig. 449) pflegt nicht genügend zu wirken. Das Anzünden,

welches mittels der Zündflamme *c*, die vor dem Öffnen des Zündhahns *b* anzuzünden ist, bewirkt wird, ist umständlich, namentlich wenn die Leitung infolge kleiner Undichtigkeiten Luft enthält und die Höhe des Saales eine beträchtliche ist.

Auch die Lichtstärke der Lampen hat sich als durchaus unzureichend erwiesen, sie genügte selbst dann nicht, als noch vier weitere Lampen angebracht wurden; sie sind also nicht zu empfehlen, besonders seit in dem Auerschen Gasglühlicht[1]) eine Lichtquelle gegeben ist, welche ermöglicht, mit geringen Kosten eine große Lichtfülle zu erzeugen[2]). Das lästige Zucken der Gasflammen, welches sich zeitweise, besonders im Winter einstellt, kann leicht beseitigt werden durch Ablassen der störenden Wassermassen aus der Gasuhr oder den Wassersäcken der Leitungen.

Fig. 449.



In manchen Fällen ist das Zucken dadurch bedingt, daß an die gleiche Leitung ein Gasmotor angeschlossen ist. Einen Gasdruckregulator, welcher dies verhindert, liefert für $^1/_2$ bis 4 zölligen Rohranschluß (zu 40 bis 350 Mk.) die Fabrik patentierter technischer Apparate von Simonis und Lanz in Frankfurt a. M. Sachsenhausen.

Das störende Geräusch der Auerbrenner tritt ein, wenn der Gasdruck zu hoch wird und kann deshalb, falls alle für einen bestimmten Druck reguliert sind, ebenfalls durch Vorschaltung eines Gasdruckregulators beseitigt werden.

Indes auch die Gasglühlichtbeleuchtung hat bedeutende Mängel, welche sie für physikalische Auditorien kaum verwendbar erscheinen läßt. Um nicht zu stören, müssen die Lampen (zu Rampen vereinigt und mit Reflektoren versehen) in großer, schwer zugänglicher Höhe angebracht werden, so daß sowohl das Anzünden, wie auch der häufig nötige Ersatz der Glühstrümpfe sehr schwer zu bewerkstelligen ist. Bei der Verdunkelung des Saales tritt der störende Umstand hervor, daß nicht wie bei elektrischen Glühlampen das Licht beim Abstellen sofort erlischt. Zum raschen Wiedererhellen des Zimmers müssen die Lampen überdies mit einem kleinen nicht auslöschenden Zündflämmchen versehen sein, welches durch seine Helligkeit stört. Die bisher bekannten Fernzündungsvorrichtungen, z. B. die sogenannte Multiplexzündung mit elektrischen Funken, funktionieren nicht mit der nötigen Zuverlässigkeit.

---

[1]) Zu beziehen von der Deutschen Gasglühlicht-Aktiengesellschaft, Berlin SW. 13.

[2]) Große Glühlichtbrenner bis zu 500 Kerzenstärke sind unter der Bezeichnung „Lukaslicht" zu beziehen von der Heizindustrie-Aktiengesellschaft, Berlin, Alexandrinenstraße 93. (S. a. S. 235 Anm.) Preßgasanlagen von O. Lorentz jun., Berlin S., Sebastianstraße 73. Glimmercylinder liefert Wilh. Schultze, Berlin S., Admiralstr. 36.

Wo immer möglich, sollte deshalb die Beleuchtung des Auditoriums durch elektrische Lampen bewirkt werden [1]). Mit gutem Erfolg benutze ich zur Zeit zwei Bogenlampen für 20 Ampere [2]). Sie sind gegen die Zuhörer hin durch einen flach cylindrischen Reflektor und nach vorn durch eine matte Glasscheibe mit Drahtgitterüberzug abgeschlossen.

Auf die verschiedenen Konstruktionen der Bogenlampen kann hier nicht im einzelnen eingegangen werden. Sie sind entweder **Hauptstromlampen**, bei welchen der obere Kohlenhalter durch ein vom Hauptstrome durchflossenes Solenoid in die Höhe gezogen wird, bis eine bestimmte Stromstärke erreicht wird, oder

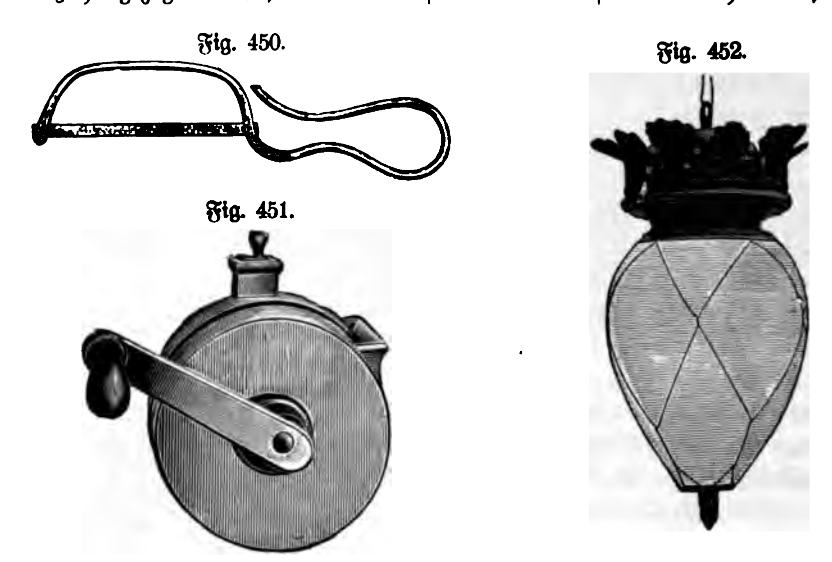


Fig. 450.

Fig. 451.

Fig. 452.

Nebenschlußlampen, bei welchen der untere Kohlenhalter durch ein im Nebenschluß zu den Kohlen liegendes Solenoid heraufgezogen wird, bis durch Verkleinerung des Lichtbogens die Spannung auf ein bestimmtes Maß gesunken ist; oder endlich **Differentiallampen**, bei welchen auf den oberen Kohlenhalter sowohl eine Hauptstrom- wie eine Nebenschlußspule einwirken, und zwar so, daß, wenn durch die Tätigkeit der ersteren der Lichtbogen zu groß würde, die zweite denselben wieder auf bestimmte Länge verkleinert [3]).

Man wählt am besten Lampen, welche so regulieren, daß der Lichtbogen auf gleicher Höhe bleibt.

---

[1]) An einzelnen Stellen mag man gewöhnliche **Schnittbrenner** anbringen, um sich bei Vorbereitungen rasch etwas Licht machen zu können. Glühlampen können der Zerbrechlichkeit halber nicht überall angebracht werden. Zum Reinigen der Schnittbrenner dient die sogenannte **Brennersäge** (Fig. 450). — [2]) Zum Aufwinden dienen „**Bogenlampenwinden**“, wie sie Fig. 451 zeigt. — [3]) Von **Siemens** und **Halske** sind zu beziehen: Differentiallampen zu 170 bis 220 Mk., Flachdecklampen zu 82 bis 97 Mk. und Bandlampen zu 75 bis 95 Mk. Eine Kugellaterne dazu kostet etwa 50 bis 100 Mk. Andere Bezugsquellen sind: **Fred. C. Jenkins**, elektrische Installationswerke in Hamburg, Königstraße 14 (Fig. 452). C. und E. **Fein** in Stuttgart; **Phoebus**, Elektrizitätsaktiengesellschaft, Berlin SW., Tempelhofer Ufer 10; **Ankerelektrizitätsgesellschaft**, Leipzig-Lindenau; **August Schwarz**, Frankfurt a. M.; K. **Weinert**, Bogenlampenfabrik, Berlin SO., Muskauerstr. 32 (Fig. 453) u. a.

Fig. 454 zeigt die äußere Ansicht einer Lampe von der Bogenlampenfabrik Körting und Mathiesen in Leutzsch-Leipzig.

Ungeeignet sind sogenannte Dreischaltlampen, bei welchen der sonst nötige sogenannte Beruhigungswiderstand fortfällt, insofern bei einer Spannung von 110 Volt drei Lampen hintereinander geschaltet werden. Hierdurch wird Energie gespart, indes ist ein besonderer Anlaßwiderstand erforderlich, und das Anlassen muß sehr langsam geschehen, was gerade für die Zwecke physikalischer Demonstrationen sehr unerwünscht ist, um so mehr, als dabei ein sehr lästiges, lautes, summendes Geräusch entsteht. Aus letzterem Grunde sind selbstverständlich auch Wechselstrombogenlampen für Auditorien nicht zu verwenden.

Brauchbar sind dagegen Doppelbogenlampen (mit zwei Lichtbogen), welche da Verwendung finden, wo der Raum zur Aufhängung von zwei Lampen nicht zureicht; ferner Dauerbrandlampen, bei welchen der Lichtbogen von einer engen oben geschlossenen Glasglocke umgeben ist (Fig. 453), so daß der Sauerstoff nicht zutreten kann, die Kohlenstäbe also bedeutend langsamer abbrennen.

Ganz besonders empfehlenswert scheint die Dauerbrandlampe der Reginabogenlampenfabrik, Köln, Aachenerstr. 37. Sie vermag nach dem Prospekt die volle Spannung von 100 bis 300 Volt ohne Vorschaltwiderstand auszunutzen und besitzt noch den weiteren Vorzug, daß der Abbrand der Kohlen infolge der luftdichten Umhüllung des Lichtbogens beträchtlich geringer ist als bei gewöhnlichen Lampen, somit auch die häufige Bedienung in Wegfall kommt (Brenndauer 160 Stunden mit einem Kohlensatz gegen 8 bis 10 Stunden bei gewöhnlichen Bogenlampen). Das Licht ist gleichmäßiger verteilt, die Regulierung einfach und sicher, ferner die Farbe des Lichtes nahezu weiß. Da kein Aschenniederschlag entsteht, fällt auch das häufige Reinigen der Glocken fort. Die Funktion der Regulierungsvorrichtung ist folgende: Wird der Strom geschlossen, so zieht eine Drahtspule einen Eisenkern in sich hinein, wobei die obere Kohle durch eine Klemmvorrichtung mit in die Höhe genommen wird und den Lichtbogen bildet, der im Verhältnis zu anderen Lampen beträchtlich länger ist, z. B. 7 bis 10 mm bei 100 Volt. Wird der Strom zu schwach, so geht der Eisenkern von selbst nach unten und verkleinert den Bogen. Die untere Kohle bleibt fest und erleidet infolge des geringen Sauerstoffzutritts nur sehr geringe Abnutzung. Schwingungen des Eisenkerns werden durch eine Luftdämpfung verhindert. Als Stromverbrauch wird

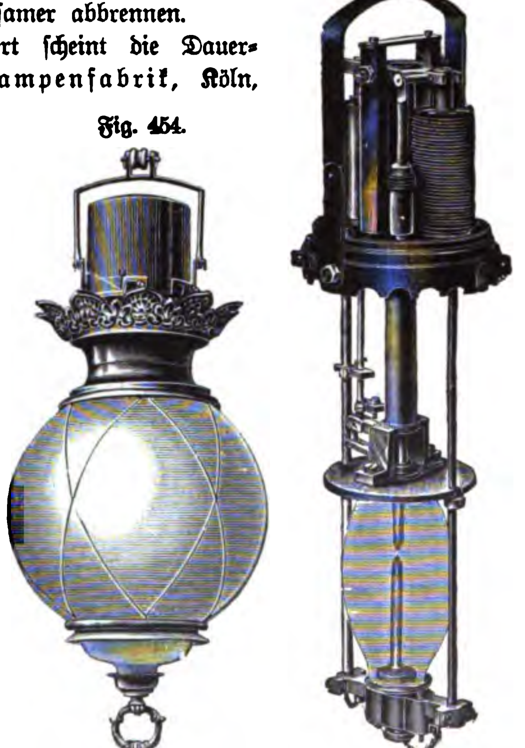


Fig. 453.

Fig. 454.

angegeben kaum mehr als 1 Watt pro Kerze im Gegensatz zu 1,37 Watt bei gewöhnlichen Bogenlampen[1]).

An manchen Orten wird die (z. B. von der Firma Weinert zu beziehende) Bogenlampe für indirekte Beleuchtung bevorzugt, bei welcher das Licht durch einen Reflektor nach oben auf einen weißen Schirm geworfen wird, so daß die Beleuchtung nur durch das von diesem Schirm diffus reflektierte, nach allen Richtungen zerstreute Licht bewirkt wird. Hierdurch geht natürlich eine beträchtliche Menge von Licht verloren, die Kosten sollen aber immer noch geringer sein als die einer gleichwertigen Glühlichtbeleuchtung. Wie letztere, hat die indirekte Beleuchtung den Vorzug, daß keine scharfen Schatten entstehen, sondern die Beleuchtung derjenigen durch diffuses Tageslicht gleichkommt.

Fig. 455.



Man hat auch versucht, Bogenlampen für sehr kleine Stromstärken (von $1^1/_2$ Ampere an) zu konstruieren[2]), welche an Stelle von Glühlampen Verwendung finden und im Betriebe wesentlich billiger sind als diese, indes ist die Bedienung zahlreicher Bogenlampen zu unbequem.

Sogenannte Flammenlichtlampen mit hellem, langem, flammenförmigem Lichtbogen von weißer, goldgelber oder rosaroter Farbe, wie sie als Reklamelampen neuerdings von den meisten Bogenlampenfabriken[3]) geliefert werden, eignen sich der Unstetigkeit des Lichtes halber nicht zur Beleuchtung von Innenräumen. Ebensowenig das Bremerlicht[4]), welches dreifache Stromersparnis gegen gewöhnliche Bogenlampen gestatten soll.

Die günstigste Länge des Lichtbogens[5]) bei gewöhnlichen Bogenlampen ist für

4	6	8	10	16	20	30	50 Amp.
1,5	2	2,5	3	4	4,5	5	7 mm.

Nach Heim sind die in der Praxis durchschnittlich gebräuchlichen Kohlendurchmesser in Millimetern bei folgenden Stromstärken:

[1]) Die Preise betragen für 3 bis 8 Amp. und 100 bis 130 Volt, oder 2,5 bis 5 Amp. und 150 bis 180 Volt, oder 1,75 bis 3,5 Amp. und 200 bis 300 Volt: 95 bis 120 Mk. Elegantere kosten bis 200 Mk. — [2]) Solche liefern z. B. die Stralsunder Bogenlampenfabrik, Stralsund; die Elektrizitätsgesellschaft Voltohm in Frankfurt a. M. (3 Amp.); die Elektrizitätsgesellschaft Hansen, Leipzig, Bitterfelderstr. 2, u. s. w. Neuerdings liefern die Siemens-Schuckert-Werke in Berlin Liliput-Bogenlampen für Einzel- und Serienschaltung, welche bei 2 Amp. und 80 Volt so gleichmäßig brennen, daß sie sogar in Wohnräumen als Tischlampen Verwendung finden. Fig. 455 zeigt eine derartige Lampe für Innenbeleuchtung. Sie enthält kein Laufwerk, sondern nur einen sehr sicher wirkenden Klemmvorschub für die Kohlen, der durch Erschütterungen und selbst sehr heftige Stöße nicht im geringsten beeinflußt wird. — [3]) Z. B. von Voltohm, Elektrizitätsgesellschaft, Frankfurt a. M.; Siemens und Halske, Berlin, u. a. Elektrizitätsgesellschaft Sirius (vorm. Hansen), Leipzig, Bitterfelderstraße 2 (Piccololampe). — [4]) Zu beziehen von der deutschen Gesellschaft für Bremerlicht, G. m. b. H., Neheim a. d. Ruhr. — [5]) Zur Beobachtung der Lichtbogenlänge dienen schwarze Brillen, zu beziehen von W. Kücke u. Co., Elberfeld.

Ampere	3	6	9	12	15	18	20
Obere Kohle	11	15	18	20	21	22	22
Untere Kohle	6	9	11	12	12	13	13

Man wählt als negative Kohle einfache Kohlenstäbe, als positive sogenannte Dochtkohle, welche ähnlich wie eine Kerze im Inneren einen Docht von anders zusammengesetzter Kohle enthält [1]).

Die Kohlenstäbe können von Gebr. Siemens u. Co. in Charlottenburg, Salzufer 2, bezogen werden [2]). Die Preise sind in Pfennig pro Meter:

Dochtkohle	Homogenkohle	Durchmesser (Millimeter)	Dochtkohle	Homogenkohle	Durchmesser (Millimeter)
—	12	6	53	37	14
—	14	7	60	41	15
—	17	8	71	44	16
32	20	9	79	50	17
35	23	10	87	55	18
40	26	11	109	70	20
44	29	12	126	85	22
48	33	13	136	90	23

Was den Ort der Aufhängung der Bogenlampen anbelangt, so hat sich die in Fig. 3 gezeichnete Stellung nach mehrfachen Versuchen als die geeignetste erwiesen. Bei Projektionen stören die Lampen nicht durch Schatten, und die Höhe (6 m) ist genügend, damit der Experimentator nicht durch den grellen Lichtschein geblendet wird, und doch fällt das Maximum der Lichtstärke gerade auf die Tafeln und den Experimentiertisch. Die neben den beiden (S. 228) erwähnten (in Fig. 3 nicht gezeichneten) Reflektorlampen angebrachten Lampen *e* und *f*, sowie eine dritte, im Hintergrunde des Saales angebrachte, welche nicht gegen die Zuhörer hin abgeblendet und mit Milchglasglocke umgeben sind, werden nur mit 7 Amp. gespeist und verbreiten ein mildes Licht, welches den Zuhörern eben ermöglicht, Notizen zu machen oder in einem Buche nachzusehen.

Fig. 456.



Fig. 456 zeigt ein kleines Schaltbrett mit Beruhigungswiderstand, Sicherungen und Ausschalter für eine einzelne Bogenlampe (E, 70).

[1]) Zum Herausnehmen heißer Kohlenstäbe dient eine sogenannte Karbonzange, zu beziehen von H. Hommel in Mainz (Fig. 461 a. S. 234). — [2]) Weitere Bezugsquellen sind beispielsweise: Petri und Dahlheim, Berlin W., Leipzigerstr. 103; Le Carbone, Akt.-Ges. vorm. Lacombe u. Co., Frankfurt a. M.; Kalker Kohlenstiftfabrik, Kalk bei Köln a. Rh.; C. Conradty, Fabrik elektrischer und galvanischer Kohlen, Nürnberg; Fabius Henrion, Nancy. Glocken für Bogenlampen liefert z. B. die Akt.-Ges. für Glasindustrie, Dresden.

An den Säulen (Fig. 3) zu beiden Seiten des Saales befinden sich Konsolen mit Gasbrennern, an welchen auch Glühlampen (mit Reflektoren) angebracht sind.

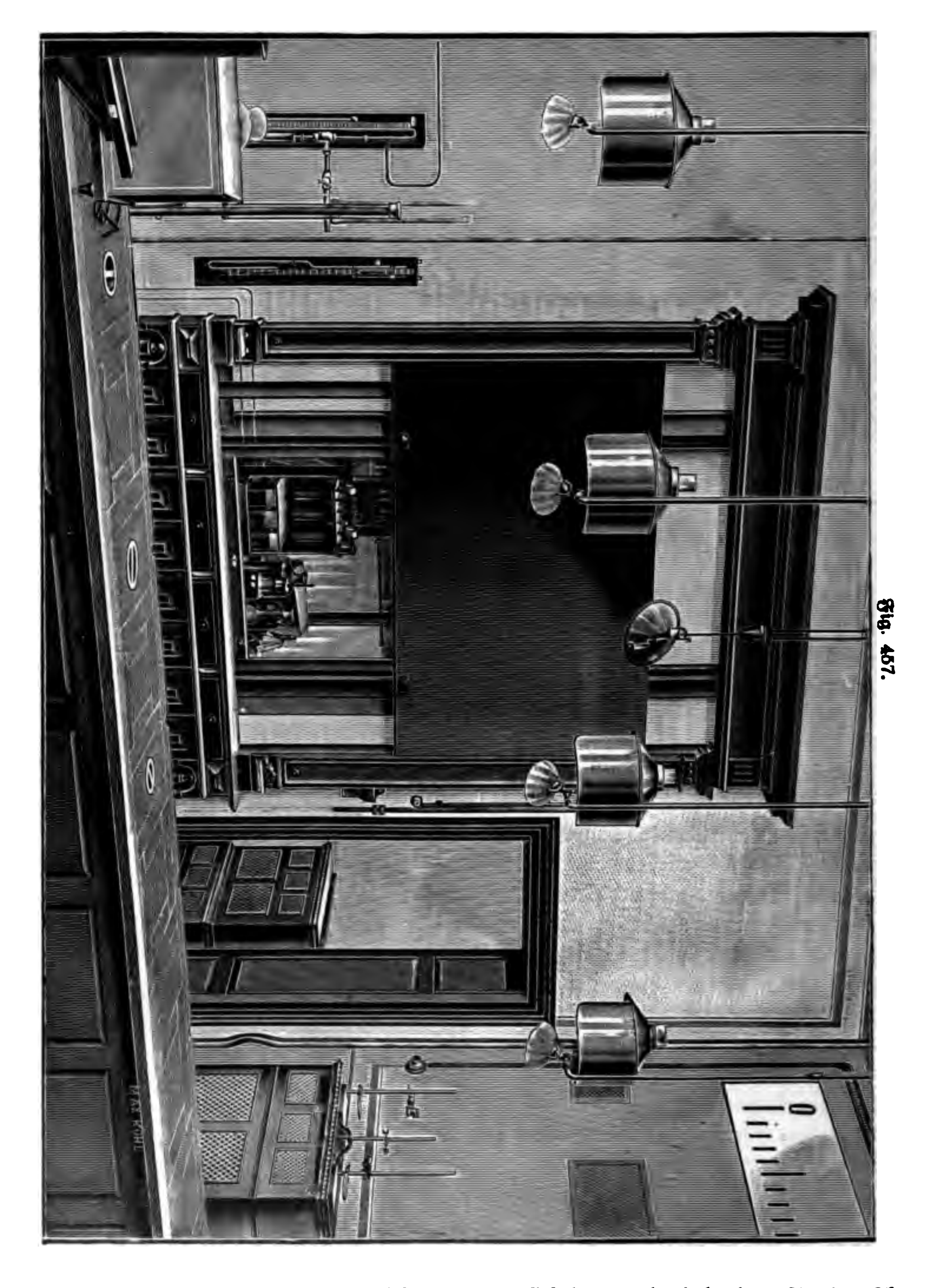


Fig. 457.

Diese Glühlampen sind erforderlich, wenn es sich darum handelt, den Saal rasch zu verfinstern oder rasch wieder zu erhellen. Die Bogenlampen sind hierzu nicht

zu gebrauchen, weil auch nach Unterbrechung des Stromes die stark erhitzten Kohlen noch einige Zeit nachleuchten und beim Wiedereinschalten längere Zeit vergeht, bis der Lichtbogen die richtige Länge erreicht hat und das unangenehme Zischen aufhört [1]).

Wesentlich billiger hinsichtlich des Stromverbrauchs als gewöhnliche Glühlampen sind die Nernstlampen, doch fehlt ihnen die gerade für ein physikalisches Auditorium unentbehrliche Eigenschaft, sofort mit dem Schließen des Stromes anzugehen, und geringe Erhöhung der Spannung über das zulässige Maß veranlaßt leicht ein Durchbrennen, da der Widerstand der Nernstschen Glühkörper nicht wie der der Kohlenfäden mit steigender Temperatur abnimmt, sondern wächst [2]).

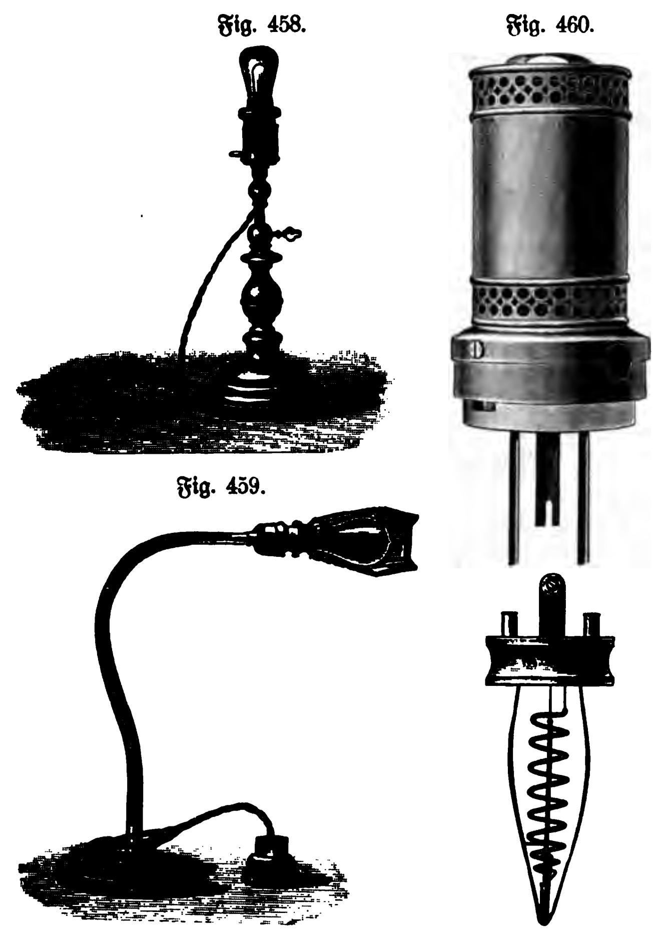


Fig. 458. Fig. 460. Fig. 459.

Figur 457 zeigt eine Experimentiertischbeleuchtung mit Glühlampen (mit Reflektor), welche an Gaslampen (mit Reflektor) unten angebracht sind, so daß sich eventuell nur die eine oder andere Beleuchtungsart verwenden läßt. Die Gasbeleuchtung hat den Vorzug größerer Helligkeit, die Glühlichtbeleuchtung gestattet das Zimmer rasch zu erhellen und zu verfinstern. Glühlampen auf Ständer zeigen die Figg. 458 und 459 (K, 15 bis 18), wobei die letztere den Vorzug hat, daß sich der Ständer in beliebige Form bringen läßt. Recht zweckmäßig ist auch der angebrachte Reflektor.

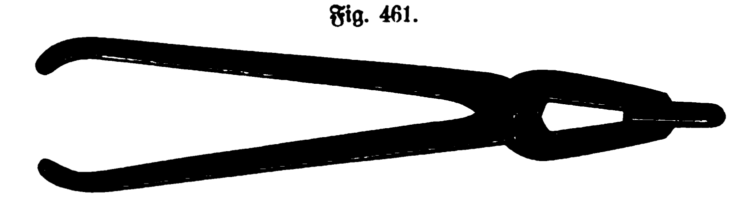
[1]) Glühlampen liefern: die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft, Berlin; Bayerische Glühlampenfabrik, München; Gebrüder Pintsch, Glühlampenfabrik, Berlin SO., Skalitzerstraße; P. M. Herre, Glühlampenfabrik und Glasbläserei, Berlin W., Kurfürstenstr. 45; C. A. Krüger u. Friedberg, Glühlampenfabrik, Berlin N., Chausseestr. 2 E.; Constantia, Elektrizitäts-Aktiengesellschaft, Venlo (Holland); Phillips u. Co., Glühlampenfabrik, Eindhoven (Holland), u. s. w. Reflektoren für Glühlampen liefern: Koß und Kühne, Lager elektrotechnischer Bedarfsartikel, Köln; Mütz u. Co., Reflektorfabrik, Wien 1, Riemergasse 12, u. a. — [2]) Eine zerteilte Lampe ohne Glocke zeigt Fig. 460. Sie sind zu beziehen von der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft in Berlin (für Stromstärken von 0,25, 0,5 und 1 Amp. und Spannungen von 96 bis 250 Volt zu 3 bis 15 Mk.).

In der Nähe des Experimentiertisches muß ein Stromschlüssel bezw. Gashahn angebracht sein, welcher ermöglicht, die Beleuchtungslampen mit einem Griffe (eventuell gruppenweise) abzustellen, falls im dunkeln Zimmer operiert werden soll.

Wird von verschiedenen Stellen aus projiziert, so muß sich an jeder solchen Stelle eine derartige Vorrichtung befinden, um rasch verdunkeln zu können. Bei elektrischen Anlagen verwendet man Umschalter, welche so ausgeführt sind, daß mit dem Abstellen der Beleuchtung zugleich die Projektionslampe in Tätigkeit gesetzt wird und umgekehrt.

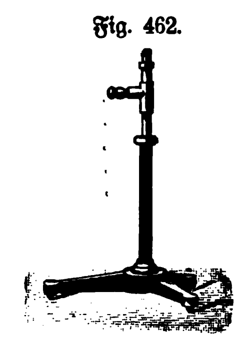
Der Umschalter beim Experimentiertisch wird nicht auf dem elektrischen Schaltbrett angebracht, weil dieses im allgemeinen verschlossen ist und auch um Ver-

Fig. 461.



wechselungen vorzubeugen. Wohl aber gehören dorthin die Sicherungen und Beruhigungswiderstände, welch letztere ihre angemessenste Stellung am obersten Teile des Schaltbretts finden. Ferner muß dort Vorrat an Reservestöpseln für die Sicherungen vorhanden sein, damit diese im Bedarfsfalle sofort zur Hand sind [1]).

Fig. 462.



Bei Gasbeleuchtung muß der Abstellhahn so konstruiert sein, daß er sich nicht ganz zudrehen läßt, sondern nur so weit, daß die Flammen noch ganz klein weiter brennen, ohne merkliches Licht zu verbreiten, also beim Öffnen des Hahns sofort wieder hell leuchten. Es wird dies dadurch bewirkt, daß man entweder eine den Hahn umgehende enge Zweigleitung ebenfalls mit Hahn anbringt, oder den Griff des Hahns gegen eine Arretierung stoßen läßt, die durch eine Stellschraube je nach der Größe des gerade herrschenden Gasdruckes passend reguliert wird. Der Hahn darf nicht zu rasch geschlossen werden, da sonst die Flammen ganz auslöschen.

Bequem sind in manchen Fällen auch transportable Brenner wie Fig. 462 (K, 35).

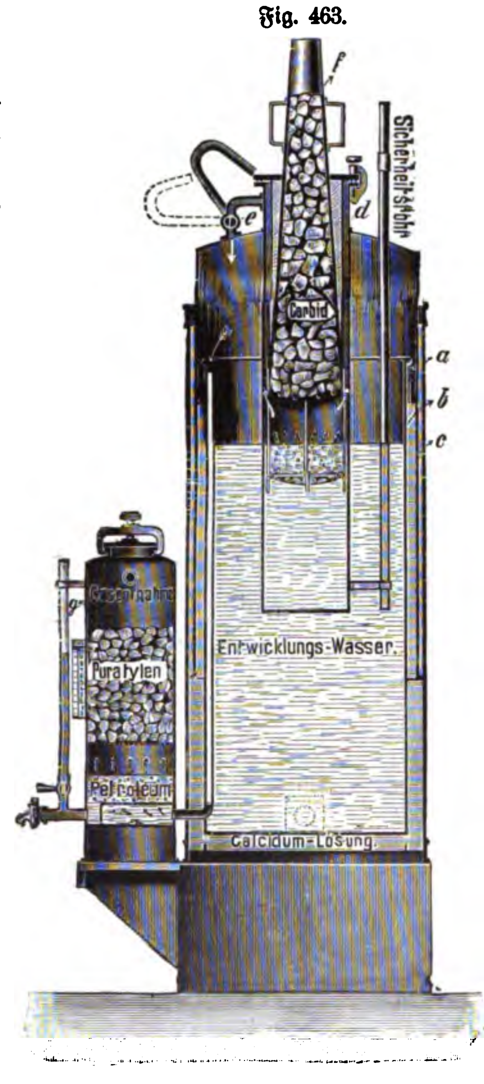
Für kleine Auditorien, an Orten, wo Gas fehlt [2]), dürfte sich das Spiritusglühlicht eignen, welches in neuerer Zeit von zahlreichen Firmen geliefert wird [3]).

---

[1]) Einen Sicherheitsschalter, bei welchem nach Durchbrennen einer Bleisicherung der Strom nicht unterbrochen, sondern nur geschwächt ist, liefert Gustav Conz, Hamburg, Spaldingstr. 43. Eine Sicherung, bei welcher nach dem Durchbrennen eine Notbeleuchtung in Funktion gesetzt wird, liefern Gebrüder Ruhstrat in Göttingen. — [2]) An Orten wo Gasleitung fehlt, können auch Gasolingasapparate (zu beziehen von P. v. Richter in Berlin SW., Tempelhoferufer 8) zur Speisung von Glühlichtbrennern Verwendung finden, ferner Acetylengasapparate, welche aber besonders eingerichtete Brenner erfordern. Acetylen-Gasbrenner liefert J. von Schwarz, Nürnberg-Ostbahnhof; Preßgasanlagen O. Lorenz jr., Berlin S., Sebastianstraße 73. Luftgasapparate unter der Bezeichnung „Brillantlicht“ liefert die Südd. Heiz- und Beleuchtungsindustrie, Stuttgart. — [3]) Z. B. Oscar Helfft, Berlin C.; L. Heinrichsdorff, Berlin; Spiritus-Gasglühlichtgesellschaft Phöbus, Dresden; Zentrale für Spiritusverwertung, Schuchart u. Co. und Julius Pintsch, Berlin.

Eine besonders einfache Lampe, welche keiner Wartezeit bis zum vollen Glühen des Strumpfes bedarf, sondern wie jede Petroleumlampe nach dem Anzünden alsbald mit voller Stärke brennt und deren Brenner auch auf vorhandene Petroleumlampen aufgeschraubt werden kann, liefert die Maschinenstelle der landwirtschaftlichen Bezugs- und Absatzgenossenschaft, Berlin, Seestr. 4.

Fig. 463.



Billiger aber nicht besser ist das Petroleumglühlicht ohne und mit Docht[1]). Zur Verdunkelung müßte man freilich, da sich die Lampen nicht klein stellen lassen, einen lichtdichten Blechkasten oder eine ähnliche Hülle darüber decken.

Ferner könnte Acetylenbeleuchtung in Frage kommen. Einen zuverlässig funktionierenden Apparat (zu beziehen von Simonis u. Lanz in Frankfurt am Main-Sachsenhausen) zeigt Fig. 463. Die Büchsen mit Calciumcarbid werden in die Gasometerglocke eingesetzt. Vor dem Eintritt in die Leitung passiert das Gas einen Reinigungsapparat. Für Acetylen geeignete Glühlichtbrenner liefert W. Güntner, Metallwarenfabrik, Wien[2]).

46. Die Verdunkelung. Zur Verdunkelung sind im Karlsruher Auditorium innere Läden an den Fenstern angebracht, welche nicht entfernt den an eine solche Einrichtung zu stellenden Anforderungen entsprechen, ganz abgesehen davon, daß diese Läden schon deshalb nicht dicht schließen können, weil sie, um unter gewöhnlichen Umständen möglichst wenig Licht wegzunehmen, aus mehreren mit Scharnieren verbundenen Teilen bestehen, um sie zusammengeklappt

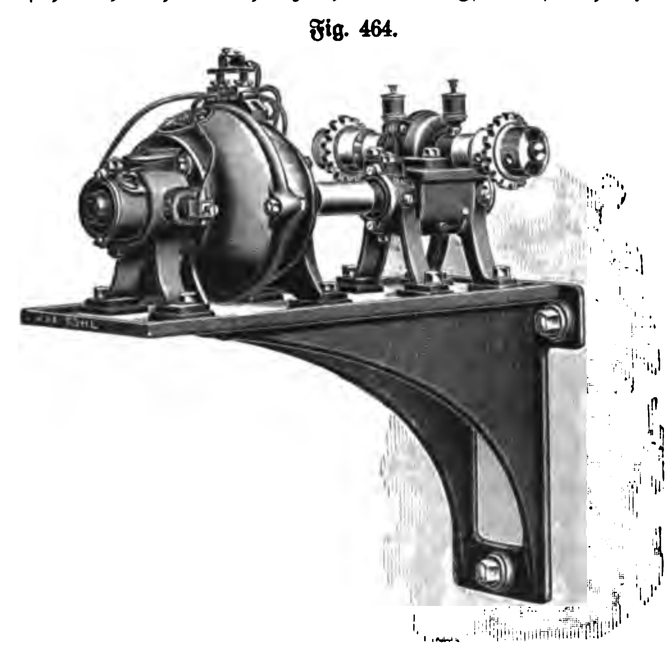
[1]) Ersteres ist zu beziehen von der Washingtonlichtgesellschaft, Elberfeld und Altmann-Brenner, G. m. b. H., Berlin SO., Köpenickerstraße 55; letzteres von der Kommanditgesellschaft Jos. Auer u. Co., Berlin C., Stralauerstr. 56. — [2]) Acetylengasapparate und Gasolingasapparate verschiedenster Systeme liefert Dr. Hermann Rohrbeck, Berlin NW., Karlstraße 20a. Lampen und Laternen für Gasglühlicht, speziell Lucas-Licht (Ersatz für Bogenlicht) und Acetylen liefern die vereinigten Metallwarenfabriken A.-G. vorm. Haller u. Co. Berlin S., Dresdenerstraße 97. Große Glühstrümpfe sind zu beziehen von Dr. G. P. Droßbach u. Co., Freiberg; Dr. Willy Saulmann, Chem. Fabr., Berlin W. 10.

an den Seiten der Fensternischen unterbringen zu können. Bei dem beständigen „Arbeiten" des Holzes können Läden überhaupt nicht auf die Dauer dicht gemacht werden, auch ist die Handhabung eine viel zu umständliche und zeitraubende, selbst unter der Voraussetzung, daß die Fensternischen wirklich zugänglich seien und nicht, wie es häufig der Fall ist, durch stehende Zuhörer oder aufgehängte Garderobestücke oder große Apparate versperrt sind.

Besser geeignet wären vielleicht hölzerne Rollläden, wie sie zum Abschließen von Schaufenstern gebraucht werden, doch ist auch ihre Handhabung zu umständlich und das Geräusch beim Herablassen störend [1]).

Vielfach werden Rouleaus aus schwarzem Filztuch [2]) benutzt, doch scheinen sie sich auch nicht bewährt zu haben, wenigstens ist Uhlich auf Grund gemachter Erfahrungen der Meinung, daß gut gefügte Holzläden vorzuziehen seien. Falls das Tuch wirklich aus Wolle besteht, dürfte es auf die Dauer nicht Stand halten, einesteils weil es durch Motten zerfressen wird, andernteils weil es sich nach und nach durch den Zug seines eigenen Gewichts verlängert und schmäler wird, also nicht mehr zuverlässig schließt. Zudem ist auch in diesem Falle, da das Gewicht des Rouleaus nicht wohl ausbalanciert werden kann, das Aufziehen mit der Hand mühsam. Hydraulische Hebevorrichtungen und Elektromotoren (Fig. 464 u. 465, K, 340) sind teuer und im Betriebe kompliziert, da, um Reißen der Vorhänge zu vermeiden, automatische Auslösevorrichtungen beigefügt werden müssen, welche in Tätigkeit treten, wenn das Rouleau seine höchste oder tiefste Lage erreicht hat oder sich aus irgend einem Grunde, etwa infolge Verziehens der hölzernen Führungsleisten, klemmt [3]).

Fig. 464.



[1]) Rollläden sind zu beziehen von der Badischen Jalousien- und Rollladenfabrik vorm. K. W. Fuchs, Pforzheim; Wilh. Efferts, M.-Gladbacher Rollladen-, Jalousie- und Wellblechfabrik, M.-Gladbach; Tillmannsche Eisenbau-Aktiengesellschaft, Remscheid. — [2]) Zu beziehen von Thomas Jos. Heimbach, Filztuchfabrik, Düren. Einen Stoff, welcher nicht von Motten angefressen wird, liefert Dr. Emanuel de Weldige, Fabrik wasserdichter Stoffe, Bonn a. Rh. — [3]) Ausführliche Anleitung, wie solche Rouleaus, die man zweckmäßig für mehrere Fenster an gemeinsamer Welle anbringt, ausgeführt werden müssen, findet man in Weinhold, Physikalische Demonstrationen 1899, S. 5. Die Rouleaus können fertig bezogen werden von Ernecke, Berlin, Fig. 467; Max Kohl in Chemnitz, Leybolds Nachf. in Köln und Leppin und Masche, Berlin SO., Engelufer 17. Ein Fenster stellt sich auf etwa 150 Mk. Leppin u. Masche liefern die Rouleaus mit Kugellagern, die eine Schmierung fast überflüssig machen und sehr leicht gehen. (Fig. 466).

Mit Vorteil habe ich zuweilen doppelte Rouleaus aus mit schwarzer Ölfarbe angestrichener steifer Leinwand benutzt [1]). Die beiden Rouleaus werden hintereinander angeordnet. Eventuell kann für das eine die Rouleaustange oben, für das andere unten angebracht werden, so daß man nur die untere oder nur die obere Hälfte der Fenster verdecken kann. Die Rouleaustangen wurden mit einer Rolle zum Aufwickeln einer mit passendem Gegengewicht belasteten Schnur versehen,


Fig. 465.

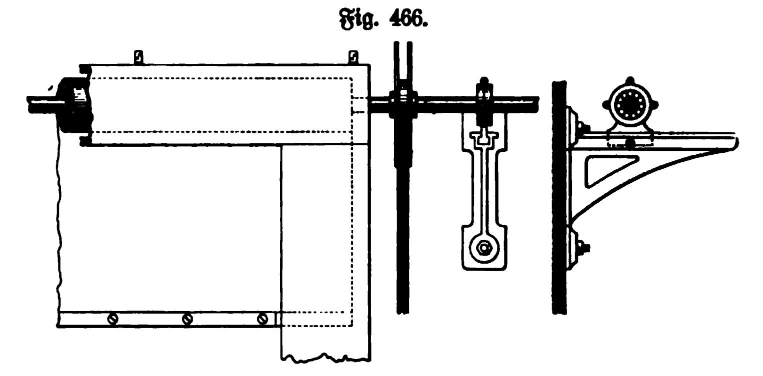


auch wurden zuweilen die (von derselben Firma zu beziehenden) „selbsttätigen" Rouleaustangen benutzt, in deren Inneren sich eine Spiralfeder befindet, welche durch das Herabziehen des Rouleaus aufgezogen wird und somit dem Gewicht des Stoffes entgegenwirkt. Die Anwendung zweier Rouleaus bietet den großen Vorteil, daß man in den weitaus meisten Fällen nur eines der beiden Rouleaus, welches

[1]) Bezogen von Karl Hardtner in Pforzheim in Baden. Aug. Feßler, Wien XVII, Weißgasse 38, liefert geschmeidigen, für Licht undurchlässigen Verfinsterungsstoff, welcher nicht wie der a. S. 236 Anm. 2 erwähnte in der Wärme klebrig wird.

seiner Leichtigkeit wegen nicht schwieriger als jedes gewöhnliche Fensterrouleau, also ohne nennenswerten Zeitverlust sich handhaben läßt, zu benutzen braucht und da das Zimmer nicht absolut finster wird, nicht nötig hat, eine Gasflamme anzustecken, um überhaupt etwas zu sehen. Ist es nötig, das Zimmer absolut dunkel zu machen, so wird auch das zweite Rouleau herabgelassen oder aufgezogen, welches sich in einer hölzernen Führung bewegt, die mindestens 10 cm in den Stoff übergreift und lichtdicht an den Fensternischen befestigt ist, sowie auch an dem lichtdichten Kasten, welcher die Rouleaustange enthält und am anderen Ende an einem Gesimse, welches den Abschluß des Rahmens bildet. Eine solche Einrichtung, die ich in einem kleineren für mikroskopische Projektionen bestimmten Raume ausgeführt habe, hielt so gut dicht, daß selbst bei direktem Sonnenschein auf die beiden Rouleaus, deren jedes etwa 4 qm mißt, mit empfindlichen Trockenplatten wie in einer photographischen Dunkelkammer operiert werden konnte. Noch zweckmäßiger wäre vielleicht die nachstehend beschriebene Einrichtung, die ich freilich weder irgendwo ausgeführt habe sehen können, noch selbst auszuführen Gelegenheit hatte.

Fig. 466.



Der das Fenster verdunkelnde Laden besteht aus zwei Schiebetafeln, welche durch über Rollen geführte Schnüre sich gegenseitig balancieren. Als Material dürfte ein mit dünnem Zinkblech, Metallpapier oder Pappe überzogenes leichtes Holzgitter zu verwenden sein, welches mit einem gut deckenden schwarzen Anstrich versehen ist. Die obere Tafel hat etwas Übergewicht; somit strebt sie herab zu sinken und dadurch gleichzeitig die untere zu heben, bis beide in der Mitte zusammentreffen. Diese Bewegung der Tafeln wird verhindert dadurch, daß am oberen Rande der oberen Tafel eine Schnur befestigt ist, die über Rollen geführt, bis in den Experimentierraum fortgeführt ist. Dort endigen diese Schnüre in großen, schweren Ringen, durch die sie gespannt erhalten werden. Jeder solcher Ring nimmt sämtliche Schnüre der gleichen Wandseite auf und ist in einen Haken eingehängt. Löst man ihn von diesem Haken, so bewegen sich sämtliche Schiebetafeln derselben Wand gegeneinander und schließen die Fenster. Sollen dieselben wieder geöffnet werden, so zieht man den Ring und hakt ihn wieder in früherer Weise ein. Damit die Verdunkelung eine vollkommene sei, ist nötig, daß die Schiebetafeln an den Rändern, an denen sie sich berühren, einen breiten Falz besitzen, so daß hier kein Licht durchdringen kann. Ebenso muß die Nut in der Führung, in welcher sie sich bewegen, etwa 5 bis 10 cm tief sein, damit auch hier kein Licht durchdringen kann, und aus gleichem Grunde endlich müssen der obere Rand der oberen und der untere der unteren Tafel mit einer eventuell mit Filztuch besetzten vor-

springenden Leiste versehen sein, mittels deren sie sich dicht an das Gesimse der Fenster anlegen. Freilich wird man, wenn man eine solche Einrichtung zu treffen wünscht, schon beim Bau des Lehrsaals darauf Rücksicht nehmen müssen, damit der für die Schiebetafeln nötige Raum ausgespart bleibt.

Recht zweckmäßig ist es übrigens, wenn außerdem die Fenster mit gewöhnlichen leichten Rouleaus oder Vorhängen zum Zusammenziehen, etwa aus dunkel-

Fig. 467.



grünem Baumwollstoff, versehen sind, um ein halbdunkles Zimmer herstellen zu können, welches für viele Experimente nicht nur ausreicht, sondern dem ganz dunkeln vorzuziehen ist.

Bei kleineren Lehrsälen begnügt man sich mit gewöhnlichen, tunlichst dicht schließenden, schwarz angestrichenen Fensterläden, welche auf der Innenseite der Fenster angebracht sind. Ist in einem bereits fertigen Lehrsaale nachträglich Verdunkelung einzurichten, dann stößt man in der Regel auf viele Schwierigkeiten, da kein Raum zum Anbringen der Läden vorhanden ist. Ich habe mich aus diesem Grunde einmal damit begnügt, aus leichtem, schwarz gestrichenem Holz hergestellte und mit Handgriffen versehene Bretter von der Größe der Fensterflügel in die

geöffneten Fenster einzusetzen und mittels der für die Fensterflügel bestimmten Vorreiber festzuklemmen. Wenn man einige Schüler auf die hierzu nötigen gymnastischen Kunststücke einübt, dann kann man wohl auch auf diese Weise rasch ein dunkles Zimmer erhalten, doch ist die Methode keineswegs sehr empfehlenswert [1]).

47. Die Heizung. Bei der in Fig. 3, S 11 dargestellten Einrichtung wurde die Heizung des Lokales bewirkt durch die beiden Meidingerschen Füllöfen *m* und *l*. Abgesehen von der mit dieser Heizungsart verbundenen reichlichen Staubbildung, besonders bei Entleerung der Öfen durch ungeübte Hände, bewährten sich die Öfen recht wohl. Der Mangel an Platz nötigte aber später die Öfen zu entfernen. Sie wurden nunmehr in den entgegengesetzten Ecken des Saales hinter der obersten Bankreihe aufgestellt, was zulässig ist, weil, wie aus den Meidingerschen Versuchen hervorgeht, die Höhe, in welcher der Ofen aufgestellt ist, keinen Einfluß hat auf die Güte der Heizung des Lokals. Die heiße Luft strömt nämlich vom Ofen direkt in die Höhe, breitet sich an der Decke aus und sinkt dann erkältet an den Wänden wieder herab. Die von der erhitzten Decke ausgehende Strahlung ist es, welche auch den Fußboden erwärmt und damit die unteren Luftschichten. Die neue Aufstellung der Öfen hatte noch den Vorteil, den Staub nicht bis in den Experimentierraum vordringen zu lassen.

An sehr kalten Tagen erreichte aber die Temperatur nicht die erwünschte Höhe. Aus diesem Grunde wurden zwei weitere Öfen in dem Raume unter dem Auditorium aufgestellt, von welchen heiße Luft durch Öffnungen im Fußboden in das Auditorium heraufsteigt.

An Tagen, an denen nur eine geringfügige Heizung nötig ist, wird dieselbe lediglich durch Anzünden der Gasflammen bewirkt.

In kleineren Lokalen erweist sich die Heizung durch Gas überhaupt als zweckmäßig, doch nicht durch offene Flammen, sondern Gasöfen [Meidingerscher Konstruktion] [2]), welche vor gewöhnlichen Öfen den Vorzug haben, daß sie jederzeit gebrauchsfähig sind, ohne jede Mühe angezündet und wieder abgestellt werden können und keinerlei Staub verursachen. An sehr kalten Tagen im Winter läßt freilich die Heizung zu wünschen, da man der Kosten halber die Gasöfen nicht wie Füllöfen die Nacht hindurch brennen lassen kann, so daß die Wände und Decken der Zimmer stark abgekühlt sind und nicht wie sonst durch ihre Strahlung zu behaglicher Erwärmung beitragen. Zweckmäßiger als Einzelheizung wäre zentrale Dampfheizung oder Warmwasserheizung [3]). Die Heizkörper nehmen wenig Raum ein und können sogar in den Fensternischen aufgestellt werden, wo sie

[1]) Uhlig sagt: „Für den akademischen Dozenten ist die Sachlage eine andere; für die Schule liegt dagegen kein Grund vor, warum der Schüler nicht beispringen soll, dies ist aber um so mehr zu beachten, da jene einheitliche Bedienung aller Rouleaus doch den entschiedenen Nachteil zur Folge hat, daß man dann nicht im stande ist, eine teilweise Verdunkelung von nur ein oder zwei Fenstern vorzunehmen". — [2]) Zu beziehen von den Warsteiner Gruben- und Hüttenwerken; der Dessauer Gaskochapparatefabrik Schöne u. Co., G. m. b. H., Dessau; Junker und Ruh, Karlsruhe. — [3]) Niederdruckdampfheizungen liefern: Fritz Käferle, Hannover; Gebr. Körting in Körtingsdorf bei Hannover; Möhrlin in Stuttgart; Rud. Otto Meyer, Fabrik für Heizungs- und Lüftungsanlagen, Hamburg; Walz und Windscheid, Zentralheizungen, Düsseldorf. Warmwasserheizungen liefern: Bruno Schramm, Metallwerke, G. m. b. H., Ilversgehofen-Erfurt; Walz und Windscheid, Düsseldorf; Käuffer u. Co., Mainz u. a.

(wenigstens im Auditorium) nicht stören und das Zustandekommen des an den Fenstern sich herabsenkenden kalten Luftstromes hindern. Allerdings verursachen Dampfheizungen zuweilen ein störendes Geräusch und bewirken nicht, wie ein mit Rauchabzug versehener Ofen, beständige Erneuerung der Luft.

Eine bessere Form ist die kombinierte Dampf- und Heißluftheizung (Dampfcalorifère), bei welcher die Dampfrohre in einem geschlossenen Kellerraume (Heizkammer) angebracht sind, durch welche mittels eines Ventilators Luft hindurch getrieben wird, die durch Kanäle in die zu heizenden Räume eintritt.

Durch Anbringen von offenen Wassergefäßen muß dafür gesorgt werden, daß die Luft den mittels eines Haarhygrometers [1]) zu kontrollierenden relativen Feuchtigkeitsgehalt von etwa 50 Proz. erreicht.

Daß im Auditorium auch ein großes, auf größere Entfernung ablesbares Thermometer vorhanden sein muß, ist selbstverständlich. Eventuell kann man ein Kontaktthermometer mit Signalvorrichtung benutzen, welches durch irgend ein Signal (z. B. Erglühen einer Glühlampe) kundgibt, ob sich die Temperatur allzuweit von der Mitteltemperatur entfernt. Für Zentralheizung gibt es eine Menge verschieden konstruierter Fernthermometer, welche dem Heizer ermöglichen, beständig die Temperatur in allen geheizten Räumen zu beobachten [2]).

Notwendig gehört zur Heizungsanlage auch ein Raum für Kohlen und anderes Brennmaterial, sowie Einrichtung zum Zerkleinern und Transportieren desselben. Es muß darauf geachtet werden, daß dieser Raum nicht zu weit von den Öfen entfernt liegt, daß sich Kohlen und Asche leicht hinein- und herausbringen lassen und, falls mehrere Stockwerke zu heizen sind, ein geeigneter Aufzug für Kohlen angebracht werden kann. Wird dies nicht beachtet, so kann es vorkommen, daß infolge der unzweckmäßigen Einrichtung Zeit und Kraft der Diener fast ausschließlich zum Kohlentragen beansprucht wird, statt zu den Arbeiten, für welche sie eigentlich da sind.

Zweckmäßig befindet sich in der Nähe des Kohlenraumes auch der Kistenraum, damit man überflüssiges Verpackungsmaterial, zerbrochene Kisten u. dergl., die sonst unnötig Platz versperren und zudem die Feuersgefahr erhöhen, allmählich zur Feuerung aufbrauchen kann.

48. Die Ventilation. In geheizten Räumen, namentlich solchen mit großen, nicht dicht schließenden Fenstern, stellt sich ganz von selbst eine ausgiebige Ventilation ein, so daß es (im Winter) nicht nötig ist, die Fenster zu öffnen. Die Ventilation wird im Gegenteil durch Öffnen der Fenster beeinträchtigt, weil sich dadurch die Wände stark abkühlen und somit die normale Luftzirkulation gehemmt wird. In besonderen Fällen, z. B. bei Anwesenheit sehr vieler Zuhörer, bei Überheizung des Lokals oder bei Entwickelung lästiger Dämpfe bei Versuchen, kann aber eine künstliche Ventilation dennoch erwünscht sein [3]). Zu diesem Zwecke habe ich in der Decke (im Hintergrunde des Saales) den schon oben (S. 17) erwähnten 6 m langen Schlitz anbringen lassen, dessen um Scharniere bewegliche Verschlußdeckel durch Zugschnüre vom Auditorium aus geöffnet und herabgelassen werden können.

[1]) Z. B. des Polymeters von Lambrecht in Göttingen. — [2]) Solche sind zu beziehen von Hartmann und Braun in Frankfurt a. M. — [3]) Einen „Ketten-Oberlichtverschluß" zum Öffnen der oberen Teile von Fenstern, welcher sich auf jeden Punkt absolut fest einstellen läßt, liefern Kunze u. Schreiber, Eisenwarenfabrik, Chemnitz i. S.

Erweist sich auch diese Ventilationsvorrichtung unzureichend, so können weiter die Deckel von dem in Fig. 3, S. 11 sichtbaren vorderen Schlitz *ab* entfernt werden. Die durch diese Schlitze aufsteigende Luft gelangt in den Raum über dem Auditorium und entweicht durch eine Art Turm in der Mitte desselben, dessen Fensteröffnungen mit Jalusien versehen sind [1]), die sich mehr oder weniger weit öffnen lassen und wohl das Austreten von Luft, nicht aber das Eindringen von Regen oder Schnee gestatten.

Von besonderem Wert ist eine ausgiebige Ventilation bei großer Zuhörerzahl an sehr heißen Sommertagen. Ist die Luft außerhalb des Lokals ebenfalls stark erwärmt, dann wirkt natürlich auch die weiteste Ventilationsöffnung nur in geringem Maße. Man könnte dann elektrisch betriebene Zimmerventilatoren [2]) zu Hilfe nehmen, die aber durch ihr summendes Geräusch in einem Auditorium lästig fallen, die

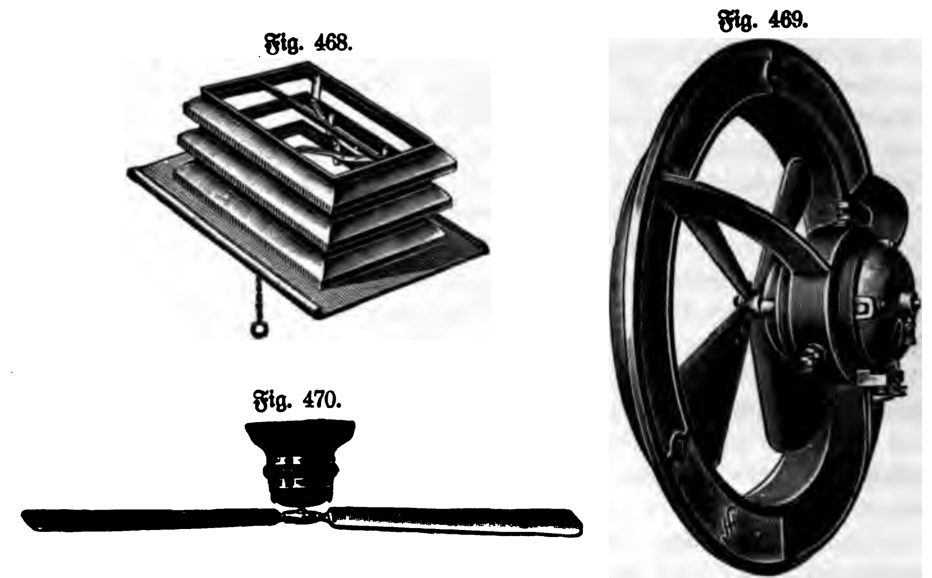


Fig. 468. Fig. 469. Fig. 470.

Temperatur auch nicht besonders herabzumindern vermögen [3]). Ich pflege in solchen Fällen einige Stunden vor der Vorlesung die Luft bei geschlossenen Fenstern und Ventilationsöffnungen zu kühlen durch einen fein zerstäubten Springbrunnen, wie er z. B. mit einer Körtingschen Streudüse erzeugt werden kann. Diese Art der Kühlung ist ausgiebig, beansprucht aber viel Raum und Arbeit. Andere Mittel sind das Aufhängen von Eiskübeln an der Decke oder die Einführung der Kühlschlangen einer Eismaschine in die Leitung eines Ventilators, analog den Dampfschlangen beim Dampfcalorifère (S. 241), wobei aber für den Ablauf der kondensierten Luftfeuchtigkeit gesorgt werden muß.

49. Die Waschwasserleitung.

So bequem und unentbehrlich für manche Zwecke ein hoher Wasserdruck ist, so unangenehm ist er in anderen Fällen. Wenn

[1]) Regensichere Hebel-Dachfenster nach Fig. 468 liefert die Blechwarenfabrik, A.-G., Bad Rothenfelde i. H. Nr. 30. — [2]) Fig. 469 zeigt einen Wandventilator, Fig. 470 einen Deckenventilator, beide zu beziehen von Siemens u. Halske, Berlin. — [3]) Ventilatoren mit Irisverschluß, um den Eintritt von Zugluft durch die Ventilatoröffnung während des Stillstandes des Ventilators zu verhindern, für 25 bis 65 cbm Luft pro Minute, liefert die elektrotechnische Werkstätte zu Darmstadt zu 130 bis 242 Mk.

man z. B. lediglich ein Gefäß mit Wasser abspülen will, so spritzt bei hohem Druck das Wasser nach allen Seiten umher und durchnäßt die ganze Umgebung [1]). Verbindet man den Wasserhahn durch einen Kautschukschlauch mit einem Apparate und öffnet den Hahn mehr als gerade passend ist, so löst sich der Schlauch von dem Hahn ab, oder, wenn er hier genügend fest angebunden war, so bläht er sich zu einer großen wassergefüllten Blase auf, die plötzlich platzt und alles in der Nähe überschüttet. Will man durch ein gebogenes Kautschukrohr Wasser in ein Gefäß einleiten, so wird durch die Reaktionskraft der Schlauch herausgeschleudert und der Wasserstrahl ergießt sich über den Experimentiertisch oder in den Zuhörerraum. Dergleichen störende Wirkungen eines starken Wasserdrucks, deren leicht noch mehr aufgezählt werden könnten, lassen es erwünscht erscheinen, noch über eine zweite Wasserleitung mit geringem Druck zu verfügen. Dieselbe kann ohne Schwierigkeit von der gewöhnlichen Druckwasserleitung abgezweigt werden.

Fig. 471.



Fig. 472.

Zu diesem Zwecke wird in dem Raume über dem Auditorium ein geräumiger Wasserbehälter [2]) angebracht, von welchem eine Leitung an den Experimentiertisch und an das Waschbecken [3]) führt. Er erhält das Wasser automatisch, indem ein in den Behälter einmündender Hahn der Gebrauchswasserleitung mit einem Schwimmer (Fig. 474) in Verbindung steht, der beim Steigen des Wassers den Hahn schließt, beim Sinken öffnet. Durch ein weites Überfallrohr, welches in einiger Höhe über dem Waschbecken endigt, ist dafür gesorgt, daß, falls etwa der Mechanismus des Hahns in Unordnung geraten sein sollte, das Wasser hier einen Abfluß in das Waschbecken erhält und die Störung alsbald bemerkbar wird. Im Winter bietet die Einrichtung noch die Bequemlichkeit, daß das in dem Behälter angesammelte Wasser Zimmerwärme annimmt, falls der Raum über dem Auditorium zur Abführung der heißen Luft in letzterem dient. Steht eine solche Einrichtung nicht zu Gebote, so kann man ein Ventil hinter dem Hahn der Leitung anbringen,

[1]) In neuerer Zeit liefern die Installateure Ansatzstücke mit Drahtnetzeinlage, welche einen glatten Strahl austreten lassen. — [2]) Er befindet sich bei Fig. 3 hinter dem Vorhang an der Wand *L*. — [3]) Schmiedeeiserne Reservoire liefern Kleine, Neuschäfer u. Co., G. m. b. H., Schwelm (Westfalen); Becken nach Fig. 471 und 472 M. Kohl in Chemnitz zu 36 bis 48 Mk.

welches sich bei bestimmtem Überdruck nach außen öffnet und den Überschuß des Wassers abströmen läßt [1]).

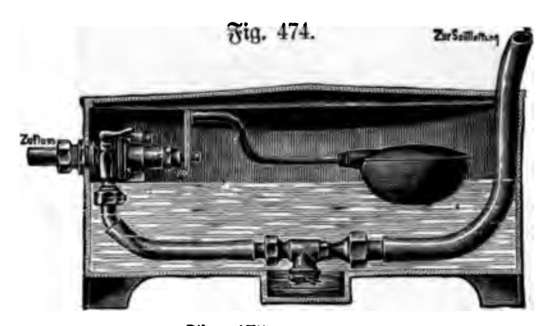
Der Hahn über dem Waschbecken muß in solcher Höhe angebracht sein, daß sich die größten Bechergläser darunter füllen lassen. Er kann eventuell wie ein Faßhahn gestaltet sein.

Fig. 473.



Der Rand des Beckens muß zum mindesten so hoch sein, daß das Wasser beim Auffallen im Becken nicht nach allen Seiten umherspritzt. Eventuell kann man auch einen cylindrischen Ring in das Becken stellen. Zweckmäßig ist es, wenn sich der Abfluß des Beckens durch einen an einem Kettchen befestigten Pfropfen schließen läßt, um dasselbe, wenn nötig, ganz mit Wasser füllen zu können. Die Wand vom Wasserhahn abwärts wird mit Bleiblech belegt, dessen Rand noch etwas in das Becken hineinragt. Daneben befinden sich ein kleines Tropfbrett zum Abstellen der zu reinigenden Gefäße, sowie ein Kästchen mit allerlei Utensilien zur Reinigung, wie Bürsten, Lappen, Zangen, Salzsäure, Salpetersäure, Alkohol, Natronlauge, Terpentin, Äther u. s. w.

Fig. 474.

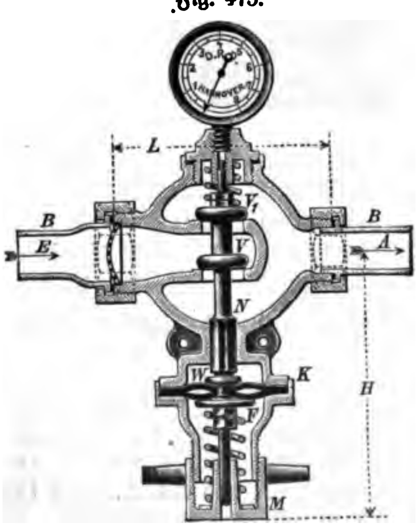


Für kleinere Verhältnisse genügen an der Wand zu befestigende Blechbehälter (Fig. 473, K. 16).

50. Die Regenwasserleitung.

Eine solche Leitung, welche von einem mit der Dachrinne in Verbindung stehenden Reservoire ausgeht, ist namentlich für Laboratoriumszwecke häufig willkommen, z. B. für Bäder zum Konstanthalten der Temperatur, zum Abwaschen photographischer Platten u. dergl.; zu Vorlesungszwecken namentlich dann, wenn die gewöhnliche Leitung trübes Wasser liefert, zum Füllen des Dampfkessels und zum Kühlen bei Projektionen mit starkem elektrischem Lichte, wobei kalkhaltiges Wasser nicht zu gebrauchen ist, da sich bald, wohl infolge der Erwärmung, vielleicht auch durch photochemische Wirkung, auf den Glasflächen ein dichter Kalknieder-

Fig. 475.



[1]) Dreyer, Rosenkranz und Droop, Hannover, liefern Wasserdruckverminderungsapparate von der in Fig. 475 dargestellten Einrichtung.

schlag bildet, welcher den Durchgang des Lichtes hindert. Die Leitung mündet zweckmäßig über dem Waschbecken, sendet aber auch Ausläufer zu den Projektionsapparaten und zum Dampfkessel.

51. Die Trinkwasserleitung. An manchen Orten sind zweierlei Wasserleitungen, eine Nutz- und eine Trinkwasserleitung, vorgesehen, da das Nutzwasser als Getränk zu unrein und das Trinkwasser für den gewöhnlichen Gebrauch zu teuer ist. Unter Umständen kann man sich eine Trinkwasserleitung von der allgemeinen Leitung unter Zwischenschaltung eines Filters abzweigen [1]).

52. Die Feuerwehrleitung. Völlig unabhängig von der gewöhnlichen Leitung, von einem besonderen Wasserzähler ausgehend, muß in größeren Auditorien eine etwa zweizöllige Leitung für Feuerlöschzwecke vorhanden sein. Die Schläuche müssen entweder dauernd angeschraubt sein





Fig. 476.



Fig. 477.



Fig. 478.

oder unmittelbar neben den Hähnen hängen. Zeitweise muß dieselbe probiert werden. An Stellen, wo die Leitung nicht hingeführt werden kann, kann ein sogenannter Annihilator [2]) (Fig 476) aufgestellt werden oder eine kleine Handfeuerspritze [3]) gewöhnlicher Art.

Solche Vorkehrungen sind durchaus nicht überflüssig, da zuweilen in ganz unvorhergesehener Weise, z. B. durch kleine Fünkchen infolge elektrischer Wellen, welche Lichtbogenbildung veranlassen, Zündung an entfernten Stellen bewirkt werden kann.

Weniger zu empfehlen sind die automatischen Feuerextinktoren. Durch Explosion eines solchen „Excelsior"=Feuerlöschapparates infolge Verstopfung der Ausflußröhren durch ausgeschiedenes Salz wurde Prof. Kiliani (1902) in Freiburg i. B. schwer verletzt. Die Füllung bestand aus Salzsäure und doppelkohlensaurem Natron.

---

[1]) Solche Filterapparate sind zu beziehen von der Berkefeld=Filtergesellschaft in Celle 53, von den Celler Filterwerken, G. m. b. H., in Celle u. a. Sie sollen das Wasser völlig keimfrei machen. — [2]) Zu beziehen von S. Bauer und C. A. Becher in Bonn a. Rh. und vom Institut für Gewerbehygiene und Fabrikwesen, Berlin NW. 21, Alt=Moabit 106 (Fig. 478). — [3]) In verschiedener Ausführung, von 30 Mk. an, zu beziehen von C. Sonnenthal, Berlin C., Neue Promenade 6; C. D. Magirus, Ulm a. D.; Nürnberger Feuerlöschgerätefabrik, A.=G., vorm. J. Chr. Braun, Nürnberg.

In geschlossenen Räumen kann ausgebrochenes Feuer leicht dadurch gelöscht werden, daß man aus einer Flasche mit flüssiger **Kohlensäure** dieses Gas hineinleitet. Nicht unzweckmäßig ist ferner, mit **Sand** gefüllte Kübel vorrätig zu halten zum Ablöschen kleiner Mengen von brennendem Benzin, Spiritus u. s. w.

53. Die Bänke. Die Bankreihen müssen aufsteigend sein, damit jeder Zuhörer über seinen Vordermann hinwegsehen kann, doch darf die Steigung nicht zu stark gewählt werden, einesteils weil sonst die hinteren Bänke in eine Höhe kommen, in welcher im Winter eine unerträgliche Hitze zu herrschen pflegt, andernteils weil die Demonstrationen für eine bestimmte Stellung der Zuhörer berechnet sind und infolgedessen weniger gut gesehen werden, wenn sich diese zu hoch oder tief befindet. Gewöhnlich gibt man den Bänken[1]) Kreisbogenform, doch würde wohl eine mehr hyperbelartige Krümmung, wie sie Fig. 2, S. 6 zeigt, besser geeignet sein.

Zu beiden Seiten der Bankreihen befinden sich die in breiten Stufen schief aufsteigenden Zugänge zu den Sitzreihen, welche durch einen dritten Gang hinter der hintersten Sitzreihe verbunden sind. In diesen mündet die Eingangstür der Zuhörer, zu welcher eine den Korridor abschließende Treppe außerhalb des Hörsaales hinaufführt.

In der Mitte soll sich ein **Gang** befinden, teils der besseren Zugänglichkeit der Plätze halber, teils um dort eventuell Apparate aufstellen zu können[2]). Derselbe absorbiert allerdings einen großen Teil des besten Platzes und wird also da, wo der Platz sehr knapp ist, weil nicht absolut nötig, in Wegfall kommen müssen. Um dennoch Apparate mitten in den Bänken aufstellen zu können, habe ich im Karlsruher Auditorium, wo sich ein solcher Gang nicht befindet, die mittleren Teile der beiden Vorderbänke, Fig. 3 *e* und *n*, zum Herausheben eingerichtet.

Auch in Mittelschulen verschwindet die alte, feststehende, das ganze Klassenzimmer durchquerende Holzbank immer mehr.

Die Sitze sollen **Klappsitze** sein und die **Rückwand** darf nicht zu steil aufsteigen, um bequeme und gesunde Haltung zu ermöglichen. In zahlreichen neueren Auditorien enthält jede Bank nur zwei Sitze. Hierdurch wird auch die Reinigung des Bodens und der Bänke von dem in hygienischer Beziehung so gefährlichen Schulstaube sehr erleichtert.

---

[1]) Zu beziehen von **Paul Hyan**, Mechanische Möbelfabrik, Berlin O., Magazinstraße 16; **A. W. Emy u. Co.**, Schulbankfabrik, Neuwied; **A. Lickroth u. Co.**, Schulbankfabrik, Frankenthal (Rheinpfalz); **M. Sommerhäuser**, Oberlar bei Troisdorf; **Weidener u. Leisel** Elberfeld; **Carl Elsässer Nachf.**, **Balde u. Co.** in Schönau bei Heidelberg; **Vereinigte Schulbankfabriken** in Tauberbischofsheim. Um möglichste Schalldämpfung und Wärme zu erzielen, empfiehlt sich als Bodenbelag das Korklinoleum der Linoleumfabrik Maximiliansau (Pfalz) oder das als „Korkment" bezeichnete dicke Unterlaglinoleum derselben Firma, welches sodann mit gewöhnlichem Linoleum belegt wird. — [2]) **Uhlich** (Z. 10, 204, 1897) verlangt einen Mittelgang auch für die Lehrzimmer von Mittelschulen zum Demonstrieren feinerer Objekte und zu Versuchen. Er sagt: „In vielen Anstalten sind die Bankreihen an der Fensterseite bis hart an die Fenster angeschoben. Ich halte dies des schon mehrfach berührten leichten Verkehrs wegen nicht für geeignet. An dem System zweisitziger Schulbänke wird man für das Physikzimmer freilich nicht festhalten können, allein rings um die Bankreihen und auch in deren Mitte muß ein schmaler Gang freigelassen werden . . . Daß durch denselben einige besonders gute Sitzplätze verloren gehen, ist sicherlich nicht durchschlagend. Auch bei fortlaufender Sitzreihe dürfen die Schüler nicht gar zu sehr aneinander gedängt werden."

Bänke sind natürlich nur nötig, wenn man von den Zuhörern Nachschreiben des Vorgetragenen verlangt. Über die Zweckmäßigkeit dieser Forderung kann man verschiedener Meinung sein. Die Zeit, welche für den physikalischen Unterricht zur Verfügung steht, ist außerordentlich knapp und wenn derselbe sein Ziel erreichen soll, ist es notwendig, daß die Zuhörer ihre ganze Aufmerksamkeit auf das Anhören und Sehen des Vorgetragenen und Vorgezeigten konzentrieren und nicht überflüssige Schreibarbeiten machen, die zudem doch nur höchst unvollkommen ausfallen können, weil die Zeit zu kurz ist und weil häufig (z. B. bei Projektionen) wegen Verfinsterung des Zimmers überhaupt nicht geschrieben werden kann. An Lehrbüchern der Physik ist ja kein Mangel. Verzichtet man auf Bänke, so empfehlen sich Stühle mit bequemer Rücklehne, an welcher sich unter einem Glastäfelchen die Nummer des Platzes und die Karte desjenigen befindet, der diesen Platz belegt hat[1]). Am untern Ende müssen die Stuhlfüße mit vorspringenden Ösen und Haken versehen sein, welche beim Zusammenstellen ineinander greifen, so daß sich ein einzelner Stuhl nicht verrücken läßt. Das ansteigende Podium, auf welchem sich die Bänke oder Stühle befinden, pflegt hohl zu sein, eine Art riesiger Resonanzboden oder Trommel, deren Benutzung als solche jüngeren Zuhörern zum Ausdruck des Beifalls bei wohl gelungenen Experimenten viel Vergnügen zu bereiten pflegt; daß dabei eine große Menge Staub aufgewirbelt wird, pflegt den Zuhörer wenig zu stören, um so mehr aber den Vortragenden, welcher genötigt ist, beständig laut zu sprechen und diesen Staub in vollen Zügen einzuatmen. Richtiger wäre es, dieses Podium aus solidem Cementmauerwerk herzustellen, welches zum Schutz gegen kalte Füße etwa mit Torgament oder der neuerdings in New York üblich gewordenen Papiermasse bedeckt werden kann. Übrigens erscheint bei der kurzen Dauer einer Vorlesung ein solcher Überzug entbehrlich, was nicht nur den Vorzug größerer Solidität und Billigkeit hätte, sondern auch den, daß die Beseitigung der durch Hunderte von Zuhörern tagtäglich eingebrachten und namentlich bei schlechtem Wetter sehr beträchtlichen Menge von Straßenstaub in kürzester Frist und mühelos durch Abspülung mit der Wasserleitung geschehen kann. Die Reinigung ließe sich so nicht nur gründlich, sondern auch ohne schädliche Staubentwickelung bewerkstelligen. Allerdings würde sie das Vorhandensein eines Laufkrahns voraussetzen, durch welchen die Sitzreihen während der Bespülung, soweit nötig, gehoben werden können. Des bessern Aussehens wegen könnte die Oberfläche des Podiums als Terrazzoboden ausgeführt sein, doch stört dessen Glätte.

54. Die Garderobe. Es versteht sich, daß der Eingang in das Auditorium für die Zuhörer sich nicht auf der Seite des Experimentierraumes befinden darf, sondern hinter der obersten Bankreihe angebracht werden muß, sowie daß die Tür und die Treppe genügende Breite besitzen müssen, um rasche Füllung und Entleerung des Auditoriums zu ermöglichen. Die Türen müssen sich nach außen (nicht wie im Karlsruher Auditorium nach innen) öffnen und die Gänge dürfen nicht durch aufgehängte Garderobe versperrt sein, da im Falle einer entstehenden Panik hierdurch schwere Unfälle herbeigeführt werden könnten.

---

[1]) Die Plätze werden gewöhnlich zu Beginn eines Semesters für die ganze Dauer desselben belegt mit der Klausel, daß Plätze die zwei Minuten vor Beginn der Vorlesung von ihrem Inhaber noch nicht eingenommen sind, als frei gelten.

Da wo der Ausgang besondere Schwierigkeiten bietet, dürfte sich empfehlen, in der Nähe der Fenster Rettungsleitern[1]) anzubringen. Wenn sich, wie in

Fig. 479 a.



Fig. 479 b.

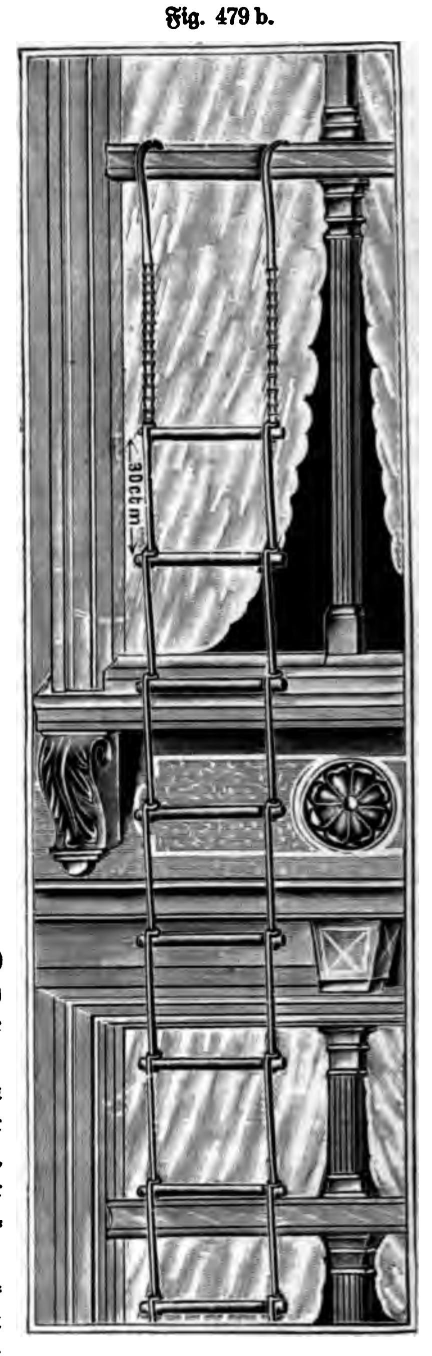
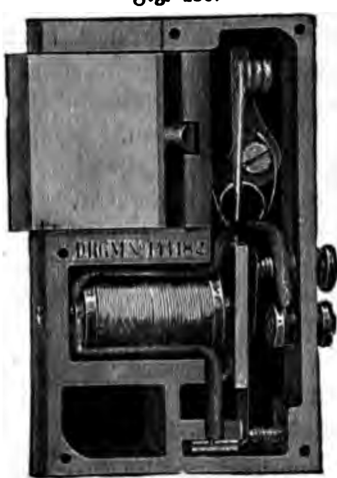


Fig. 480.



Karlsruhe, die Fenster nicht öffnen lassen (!) und kleine Scheiben besitzen, so daß auch Zerschlagen keine Öffnung schafft, sind solche Mittel freilich wertlos.

Das Anbringen von Garderoberechen innerhalb des Auditoriums ist nicht nur wegen Erschwerung der Passage unzulässig, sondern auch weil die Ausdünstung nasser Garderobe an Regentagen die Luft verschlechtern würde.

Im allgemeinen wird deshalb ein besonderes Treppenhaus vorgesehen werden müssen und irgendwo in diesem Treppenhause

[1]) In kompendiöser Form (Fig. 479) z. B. von Dr. Werner Heffter, Berlin NW., Calvinstr. 14 zu beziehen.

muß sich eine Garderobe befinden mit der erforderlichen Anzahl numerierter Kleiderhaken zum Aufhängen der Überzieher, Hüte, Regenschirme u. s. w. Bei einer in die hunderte gehenden Zuhörerzahl muß selbstverständlich der Garderoberaum genügend geräumig und hell sein. Zuweilen wird zu diesem Zwecke ein besonderer Raum mit Garderobeständern und Ständern für Regenschirme unter das die Bänke tragende Podium angebaut, welchem genügende Helligkeit eventuell durch Tageslichtreflektoren oder dergleichen zugeführt werden kann.

In Karlsruhe fehlt ein solcher Raum. Ich habe deshalb die Kleiderhaken im Treppenhause an den Wänden anbringen lassen. Um Unbefugten den Eintritt unmöglich zu machen, ist das Eingangstor des Treppenhauses nur auf der inneren Seite mit einer Klinke versehen und wird, sobald die Vorlesung begonnen hat, zugedrückt, so daß es sich von außen nicht mehr öffnen läßt, obschon das Herausgehen in keiner Weise gehindert ist [1]).

Drittes Kapitel.

Vorbereitungszimmer und kleines Auditorium.

55. Lage und Einrichtung. Das Vorbereitungszimmer, welches sich unmittelbar an das Auditorium, in gleicher Breite wie dieses, anschließt, bildet den Übergang zur Sammlung und Werkstätte. Hier werden auch die gebrauchten Apparate behufs Reinigung, Zerlegung u. s. w. vor der Wiedereinordnung in die Sammlung aufgestellt, es muß also viel Raum bieten.

Die in Fig. 3 angedeuteten Durchgänge zum Vorbereitungszimmer durch die Türen *P* und *Q*, sowie in der Mitte der Wand, lassen im Karlsruher Auditorium sehr viel zu wünschen, besonders weil das Vorbereitungszimmer nicht hinreichend geräumig ist.

Diese ursprünglich innen angebrachten und nach innen sich öffnenden Türen *P* und *Q* wurden auf die Außenseite der Wand versetzt und an der Innenseite Vorhänge angebracht, damit durch das Öffnen und Schließen der Türen beim Hereinrollen und Hinausschieben der Apparate kein störendes Geräusch entsteht. Der Vorbereitungsraum wird während des Vortrages verfinstert, damit man auch bei geöffneten Türen oder Vorhängen die dort aufgestellten Apparate, sowie die Manipulationen der Diener nicht sehen kann.

Die Einrichtung dieses Raumes ist eine sehr einfache. Er soll vor allem Raum bieten, um die nötigen Apparate zusammenzutragen, eventuell auch nach dem Gebrauche wieder zu reinigen. Nötig sind also höchstens Tische und Schäfte zur Aufbewahrung von chemischen und mechanischen Utensilien, Leitern, Stative, Rollkarren und sonstige Geräte zum Transportieren, Aufstellen und Reinigen der

---

[1]) Automatische Türschließer sind zu beziehen von der Berliner Türschließerfabrik Schubert und Werth, Berlin C., Prenzlauerstr. 41. Es sei darauf hingewiesen, daß es auch solche Türschließer gibt, die sich auf elektrischem Wege von einer entfernten Stelle aus betätigen lassen. (Fig. 480, zu beziehen von G. Schortmann u. Sohn, Leipzig-Plagwitz.)

Apparate [1]). Ein Schrank enthält zweckmäßig lauter breite Schubkästen, um allerlei Kleinigkeiten unterbringen zu können.

Ein sehr wesentlicher Einrichtungsgegenstand ist ferner ein Tisch zum Auflegen und Ausbreiten von Zeichnungen, welcher, um Beschmutzen derselben zu verhindern, nur zu diesem Zwecke gebraucht werden darf.

Unentbehrlich ist auch ein großer Wasserstein mit Tropfbrett. Da, wo keine eigentliche Werkstätte eingerichtet werden kann, wird das Vorbereitungszimmer gleichzeitig zur Aufnahme eines Teiles der Einrichtungen dienen, die zu mechanischen Arbeiten nötig sind.

Liegt die Sammlung nicht auf gleichem Boden wie der Lehrsaal, was höchst unzweckmäßig ist, so kann ein Aufzug gute Dienste leisten, vorausgesetzt, daß er hinreichend kräftig konstruiert und leicht beweglich ist [2]). Immerhin ist dies nur ein Notbehelf, man müßte auch Aufzüge von verschiedener Größe haben, da es zu umständlich wäre, Kleinigkeiten auf einem großen Fahrstuhl zu befördern.

Bequem sind einfache Fahrstühle, mit denen man sich selbst durch Ziehen an einem Seile aufwinden kann. Ist ein Maschinenraum vorhanden, der dann zweckmäßig gerade unter dem Vorbereitungszimmer liegt, so werden diese beiden Räume durch eine Treppe, eventuell ebenfalls durch einen Aufzug, miteinander verbunden. Man würde denselben natürlich für elektrischen Betrieb einrichten.

56. Das Aufstellen der Apparate zum Gebrauch. Sollen Apparate gebraucht werden, so handelt es sich zunächst darum, dieselben aus der Sammlung in das Vorbereitungszimmer bezw. in den Lehrsaal zu bringen. Sind es mehrere kleine Gegenstände, so bedient man sich hierzu eines Tragbrettes. Solche Tragbretter, sehr niedrige Kisten oder Bretter mit vorspringendem Rand und je einer Handhabe zu beiden Seiten, müssen in verschiedener Form und Größe vorhanden sein, wenn der Unterricht ein sehr weitgehender ist (Fig. 481 u. 482).

Fig. 481.

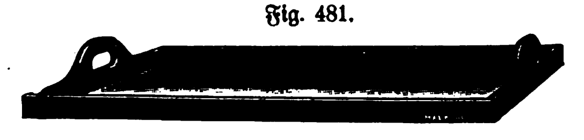
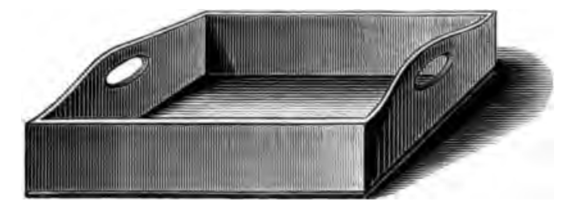


Fig. 482.



Ist der Fußboden genügend eben, so kann man kleine Gegenstände auch auf Tischen, deren Füße mit Rollen versehen sind, transportieren.

Mittelgroße Apparate trägt man einfach in der Hand an den gewünschten Ort, wobei man darauf achtet, daß der in der Hand gehaltene Teil nicht etwa nur lose mit dem Unterteil verbunden ist, so daß letzterer während des Transportes herunterfallen kann.

[1]) Seidene Putztücher sowie baumwollene Netztücher sind zu beziehen von Richard Zschunke in Dresden N. und Warnsdorf (Böhmen), Schaal in Stuttgart u. a. — [2]) Aufzüge liefern: Andrieu und Schneider, Duisburg; Mohr und Federhaff, Mannheimer Maschinenfabrik, Mannheim; Carl Flohr, Maschinenfabrik, Berlin N.; G. Herm. Findeisen, Chemnitz-Gablenz 5; Gauhe, Gockel u. Co. in Oberlahnstein a. Rh.; Wiesche und Scharffe, Maschinenfabrik, Frankfurt a. M., u. a.

Um einen schweren Apparat rasch von der Stelle zu bringen, benutze ich niedrige **Rollkarren**, bestehend aus einem viereckigen Brett, an welches unten vier Möbelrollen [Lenkrollen [1])] angeschraubt sind, und welches ausreichend groß ist, um den Apparat daraufzustellen. Es ist zweckmäßig, eine größere Anzahl derartiger Rollkarren zur Hand zu haben, falls man viel mit großen Apparaten zu tun hat, darunter auch solche mit stärkeren Rollen bis zu etwa 14 bis 20 Zentner Tragkraft zum Fortschieben von Dynamomaschinen u. dergl. Letztere erhalten Ösen zum Einhaken einer Schnur oder Gurt mit eisernen Haken, an welcher man sie fortziehen kann.

Fig. 483.

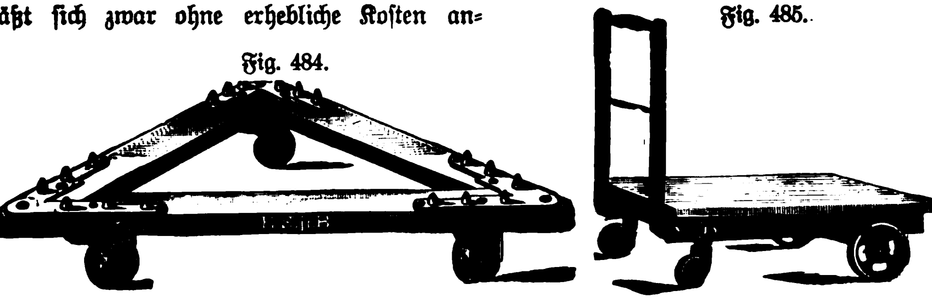


Dreieckige Rollkarren (wie Fig. 484) stehen fester, sind aber weniger bequem und nehmen zuviel Platz ein.

Zuweilen ist das Transportieren des Apparates mittels zweier **Tragstangen** (aus Eschenholz) oder zweier **Gurten mit Haken**, wie sie die Möbelpacker benutzen, bequemer.

Tische mit Rollen an den Füßen eignen sich dann zum Transport schwerer Gegenstände, wenn für dieselben ein Schienengeleise gelegt ist. Eine solche **Fahrbahn** läßt sich zwar ohne erhebliche Kosten anbringen, ist indes sehr störend, wenn sie über den Boden vorragt, und verstopft sich allzu leicht mit Unreinigkeiten, wenn sie vertieft ist. Jedenfalls müssen die Tischfüße durch Zargen miteinander verbunden sein, um dem Ganzen mehr Halt zu geben.

Fig. 484. Fig. 485.



Sehr schwere Apparate transportiert man auf einem kleinen **Wagen** [2]), dessen Räder breiten Kranz haben müssen, da sie sonst in die Fußbodenbretter

---

[1]) Lenkrollen für Rollkarren liefert **Oscar Krieger**, Dresden; **Herkuleslenkrollen** (Fig. 483), eventuell mit Gummibezug von 500 bis 2500 kg Tragkraft, **C. Sonnenthal jun.**, Berlin C., Neue Promenade 6, zu 2 bis 10,40 Mk. Von derselben Firma sind zu beziehen Rollkarren mit 500 kg Tragkraft (Gewicht 4,5 kg), mit Gummirollen versehen, zum Preise von 10,5 Mk. Man hat auch gesucht die Lenkrollen durch **Kugeln** zu ersetzen, welche sich in einer passenden Fassung auf einem Kranz von kleinen Stahlkugeln, ähnlich wie bei Fahrradlagern, nach allen Richtungen drehen können, so daß der Lenkarm überflüssig wird und die Verschiebung sofort mit gleicher Leichtigkeit nach jeder Richtung erfolgen kann. Dieselben dürften aber durch den nach und nach in die Fassung gelangenden Staub und Schmutz ihre Beweglichkeit bald einbüßen. Ähnliche **Kugelrollen**, bei welchen die Rolle durch eine allseitig bewegliche Kugel ersetzt ist, liefern **Weinhardt u. Just**, Hannover, zu 1,8 bis 9,4 Mk. pro Stück. — [2]) Fig. 485 zeigt einen von **Sonnenthal** zu beziehenden **Universalrollkarren** für 400 bis 600 kg

starke Eindrücke einpressen, also diese ruinieren und gleichzeitig das Fortschieben erschweren.

Manche schwerere Apparate sind schon von Seiten des Mechanikers mit Rollen ausgerüstet. Leider sind diese Rollen nicht immer brauchbar, da sie sich entweder zu schwer drehen, oder allzu tief in das Holz des Fußbodens einschneiden.

Fig. 486.

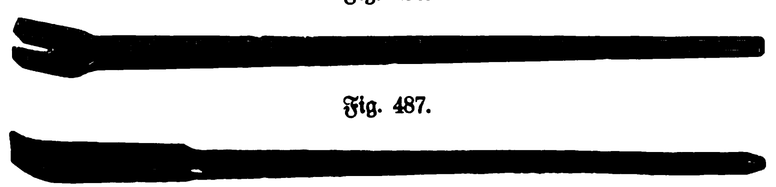


Fig. 487.

Ist der Fußboden sehr schlecht oder sind Schwellen zu überschreiten, so legt man lange Bretter, bezw. keilförmige Brettstücke, Holzklötze u. dergl. als Schienen unter.

In manchen Fällen sind Walzen von etwa 10 cm Durchmesser, an beiden Enden mit Eisen beschlagen und mit Handgriffen versehen, von Nutzen. Man muß deren vier Stück haben. Auch Abschnitte von ein- bis zweizölligem Gasrohr leisten zuweilen als Walzen gute Dienste. Man hebt die Last mit einem Hebeisen[1]) (Brecheisen), Fig. 486 u. 487, oder irgend einem ähnlichen Instrument an der

Fig. 488.



Vorderseite auf, schiebt eine Walze unter, dann eine zweite und dritte und rollt sie nun fort, indem man jede hinten austretende Walze alsbald wieder vorn unterschiebt. An Ort und Stelle angelangt, entfernt man die Walzen wieder unter Benutzung des Brecheisens und bringt etwa noch nötig werdende kleine Verschiebungen ebenfalls mittels des Hebeisens hervor, welches man dabei gegen den Boden anstemmt und als einarmigen Hebel wirken läßt. Zweckmäßig ist es, wenn man bei Entfernung der Walzen statt derselben gleichstarke, viereckige Holzklötze unterlegt, welche nach dem Gebrauch leicht wieder durch die Walzen ersetzt werden können.

Ähnlich verfährt man beim Gebrauch einer Rollkarre. Man hebt den Gegenstand mittels eines langen Hebeisens und durch successives Unterschieben von Holz-

---

Tragkraft. Er kostet 43 bis 70 Mk., mit Gummirädern 17,50 bezw. 25 Mk. mehr. Ich benutze auch öfters einen Wagen mit Deichsel, dessen Deichsel sich abnehmen läßt, so daß der Apparat während der Demonstration auf dem Wagen verbleiben kann und das Aufbringen und Wegbringen auf kein Hindernis stößt. — [1]) Zu bez. von Hommel, Mainz.

ößen zu beiden Seiten, bis solcher Abstand vom Boden erreicht ist, daß man die ollkarre darunter schieben kann und entfernt dann die Holzklöße.

Sehr dienlich zum Aufstellen schwerer Apparate sind ferner Schraubenböcke Fig. 488), Wagenwinden (Fig. 489) und Schraubenflaschenzüge [Fig. 490][1]).

Zum Gebrauch der letzteren habe ich an verschiedenen Stellen im Auditorium nd in der Sammlung an der Decke starke eiserne Haken mit Gegenmutter

Fig. 489. Fig. 490. Fig. 493.

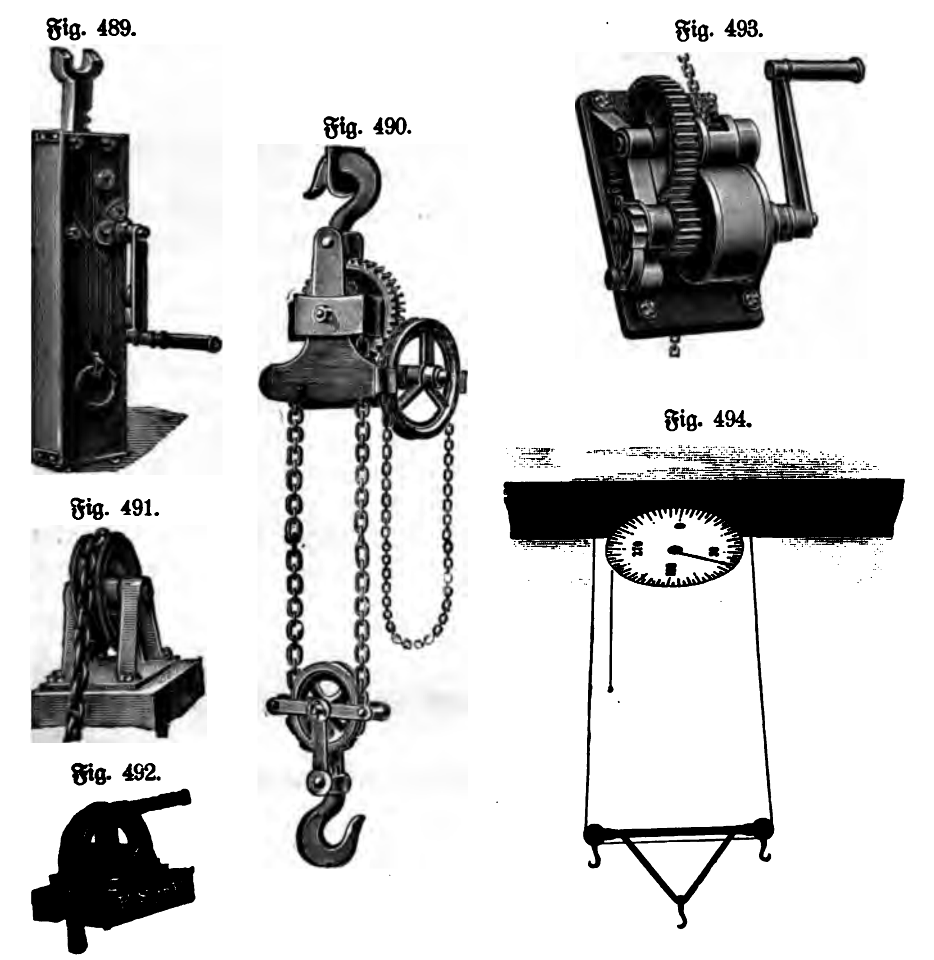


Fig. 491. Fig. 492. Fig. 494.

ubringen lassen, an welche sich die Flaschenzüge ohne Gefahr anbringen lassen. m dabei keine allzu hohen Leitern nötig zu haben, wird zunächst eine lange, iderseits mit Haken versehene Eisenstange eingehängt und erst in diese der Flaschen-g. Da sich der Haken am Flaschenzug drehen läßt, kann man eine daran auf-hängte Maschine leicht von allen Seiten demonstrieren.

Im Auditorium benutze ich außerdem eine feste Aufzugswinde[2]), elche wegen Platzmangel im Projektionshäuschen angebracht ist. Die beiden

[1]) Sonnenthal in Berlin liefert Zwergschraubenböcke zu 1,35 bis 20 Mk., Wagen-inden von 900 kg Hebekraft zu 15 bis 20 Mk., Schraubenflaschenzüge von 500 kg Trag-raft zu 42 Mk., dazu Ketten pro 1 m Hub zu 4,15 Mk. — [2]) Winden nach Fig 493 u. a. liefert ieselbe Firma. Elektrische Winden scheinen mir, wenn auch bequem, doch nicht ganz

Enden eines starken Drahtseils, welches, eine Schleife bildend, zu beiden Seiten der oben beschriebenen Torsionsvorrichtung aus dem Schlitz *ab* (Fig. 3) herabhängt, sind in dem Schnürboden über Rollen geleitet (Fig. 494 und 492) und durch die Decke in das Projektionshäuschen zu der Trommel einer Winde mit Schraube ohne Ende heruntergeführt. In der Schleife hängt eine aus kräftigem Eisen in Form eines Dreiecks geschmiedete, mit zwei Rollen versehene Aufhängevorrichtung mit drei Haken (Fig. 494). Durch Drehen an der Winde kann sie beliebig gehoben und gesenkt werden. Sie ist genügend stark, um Lasten von mehreren Zentnern, z. B. Dynamomaschinen und dergleichen, aufwinden, sowie auch [illegible]suche über die Zerreißfähigkeit von Drähten, die Kraftwirkung verschieden[illegible] Mechanismen durch Anhängen schwerer Gewichte oder Ausziehen großer, weithin sichtbarer Dynamometer u. s. w. damit ausführen zu können.

Zweckmäßiger würde natürlich die Winde oder mindestens deren Kurbel in der Nähe des Experimentiertisches angebracht, doch hat sich dies nicht ermöglichen lassen. Jedenfalls muß sie so angebracht werden, daß derjenige, welcher die Winde dreht, den Verlauf des Experiments beobachten kann. Die Winde ist insofern nur ein Notbehelf, als sie das Heben von Lasten lediglich in der Mitte des Experimentierraumes ermöglicht und nur geringe Verschiebung der gehobenen Last gestattet. Da es sich aber bei der Verschiebung meist nur darum handelt, den gehobenen Apparat auf eine in der Nähe vorgerichtete Unterlage aus Klötzen, Kisten u. dergl. abzulassen oder von einer solchen auf eine Rollkarre zu heben, so kann man bei der beträchtlichen Höhe des Auditoriums, d. h. bei der dadurch bedingten Länge des Seiles, gewöhnlich auskommen.

Fig. 495.



Fig. 496.



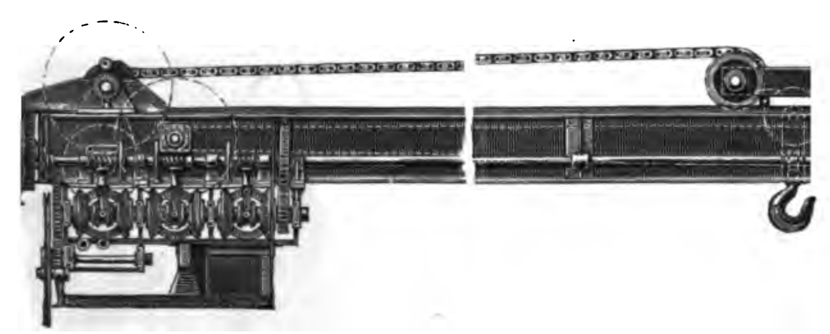
Größere Verschiebbarkeit könnte bei Flaschenzügen erzielt werden, wenn dieselben statt an einem festen Haken an einer Laufkatze (Fig. 495) aufgehängt würden was voraussetzt, daß sich an der Decke Eisenträger befinden, an welchen die Laufkatze gleiten kann [1]).

---

zweckmäßig, da es sich im allgemeinen nur um kleine Verschiebungen handelt, die man besser direkt mit der Hand bewirken kann. Sie werden geliefert z. B. von Gebr. Burgdorf, Maschinenfabrik, Altona-Hamburg. — [1]) Primitive Vorrichtungen dieser Art nach Fig. 496 liefert M. Kohl in Chemnitz zu 35 Mk.

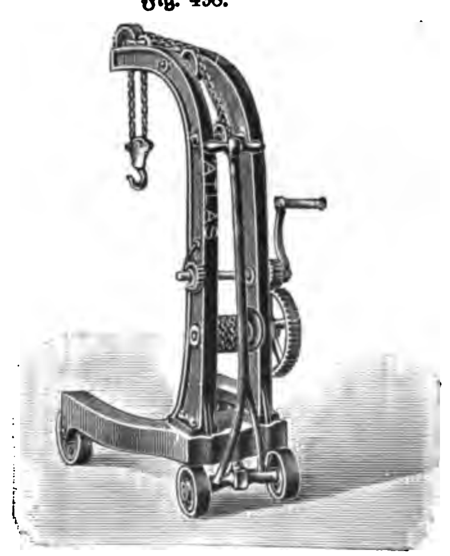
Die vollkommenste Einrichtung dieser Art ist aber der Laufkrahn[1]), am besten ein solcher mit elektrischem Betrieb und gangbarer Brücke nebst Aufzug. Er kann natürlich nur in einem Neubau angebracht werden.

Fig. 497.



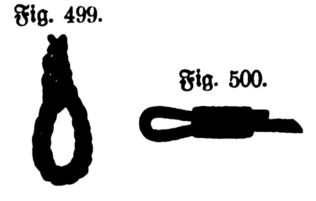
Stehen genügend Mittel zu einer so kostspieligen Einrichtung zu Gebote, so müßte man sie so ausführen, daß sich die Bahn, auf welcher die Räder rollen, in das Vorbereitungszimmer und die Sammlung fortsetzt und der Krahn im Falle des Nichtgebrauchs in letzterer seinen Platz findet. Die Wände des Vorbereitungszimmers, gegen Auditorium und Sammlung, dürften dann nicht ganz bis zur Decke reichen, um dem Krahn Durchgang zu gestatten und die übrig bleibenden Schlitze müßten durch Rouleaus, Schiebetüren oder dergleichen geschlossen werden. Fahr- und lenkbare Handkrahne nach Fig. 498 liefert H. Hommel in Mainz zu 350 Mk. bei 500 kg Tragkraft, 1,6 m Hubhöhe und 0,7 m Ausladung[2]).

Fig. 498.



Die Herstellung einer Öse an einem Seil durch Aufdrehen des Endes und Einflechten der Teile (Spleißen) zeigt Fig. 499. Fig. 500 deutet eine andere Art der Bildung einer Öse an[3]).

Fig. 499. Fig. 500.



[1]) Laufkrahne nach Fig. 497 sind zu beziehen von . Wilke u. Co., Dampfkesselfabrik in Braunschweig, welche mit elektrischem Betrieb von der Gesellschaft für elektrische Industrie in Karlsruhe; Gebr. Bolzani, Berlin N. 4; Benrather Maschinenfabrik, A.-G., Benrath bei Düsseldorf, u. a. Ferner liefert Laufkrahne verschiedener Art L. Stuckenholz, Wetter a. d. Ruhr. — [2]) Fahr- und lenkbare Handkrahne liefert auch E. Weiler, Maschinenfabrik, Berlin NW., Quitzowstr. 25. — [3]) Drahtseilklemmen, welche das Spleißen zur Ausbildung eines Auges überflüssig machen, liefert C. A. Schäfer, Hannover (elektrische Artikel); Nietverbinder zu gleichem Zwecke: W. Hofmann, Kötzschenbroda b. Dresden. Drahtseile liefern: Heinr. Puth, Blankenstein a. d. R.; Jos. Schwaigers Wwe., München, Lederstr. 22; Kabelfabrik Landsberg a. W.; Westphälische Drahtindustrie, Hamm i. W., u. a.

Zweckmäßige Arten loser Seilbefestigung an Kranhaken sind die in den Fig. 501 und Fig. 502 dargestellten[1]).

Bequem ist auch die in Fig. 503 dargestellte Zange, welche sich beim Anziehen von selbst schließt, aber beim Ziehen am mittleren Haken öffnet.

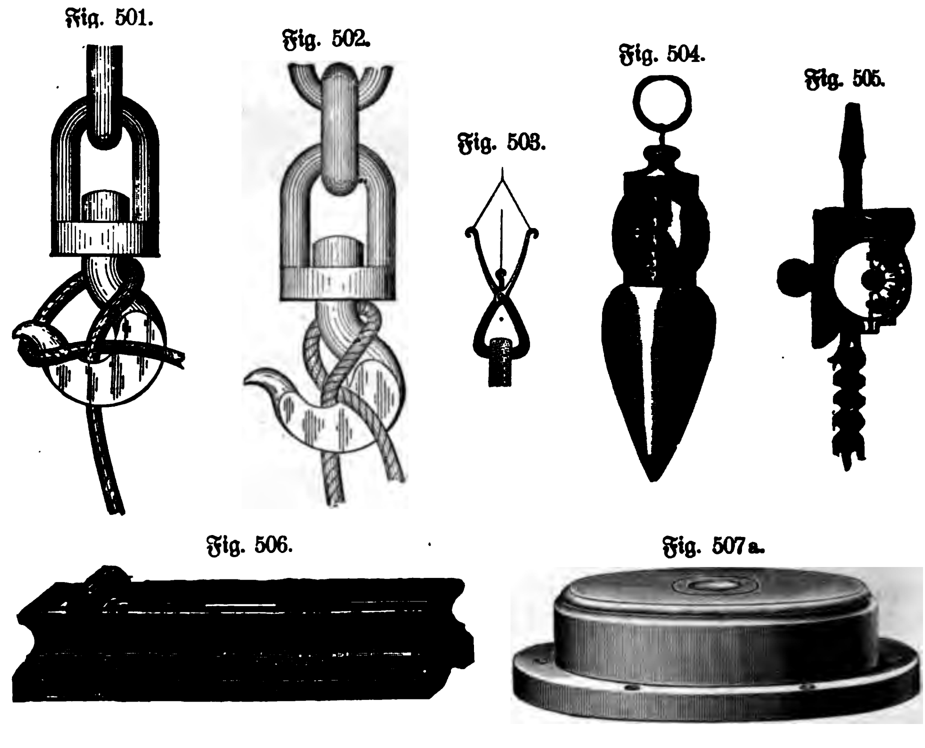


Fig. 501. Fig. 502. Fig. 503. Fig. 504. Fig. 505.

Fig. 506. Fig. 507 a.



Fig. 507 b. Fig. 508.

Als Unterlagen für schwere Maschinen verwende ich große Buchenholzklötze mit Handgriff oder starke, mit brauner Beize oder Ölfarbe angestrichene Kisten oder auch besondere, mit Rollen versehene starke Gestelle. Größere Unterlagen gewinnt man, indem man zwei gleichhohe kleinere durch darübergelegte Balken- oder Rahmenschenkelstücke verbindet.

Zum genauen Horizontal- oder Vertikalstellen müssen die bekannten Mittel: Senkel (Fig. 504), Wasserwage (Fig. 505 und 506), Dosenlibelle (Fig. 507) und Schlauchwasserwage (Fig. 508) zur Hand sein

Zum Aufstellen kleinerer Apparate gebraucht man ebenfalls Holzklötze verschiedener Größe. Sie werden aus Buchenholz hergestellt in Gestalt rechteckiger

[1]) Siehe Grimshaw-Elfes, Praktische Erfahrungen im Maschinenbau, Berlin, Springer, 1897, S. 193. Daselbst finden sich auch weitere Angaben über die Ausbildung eines Auges an einem Drahtseil, Laufkatzen u. dergl.

Platten, Langwürfel oder eigentlicher Würfel und in ihren Dimensionen einander so angepaßt, daß mehrere kleine zusammengesetzt einen Körper von gleicher Form, wie einer der größeren Klötze, geben, ähnlich wie die Bausteine eines Baukastens, des bekannten Kinderspielzeugs.

Soll der Gegenstand isoliert sein, so kann man Bechergläser aus Flintglas zur Unterstützung nehmen oder Isolierschemel (Fig. 509) oder im einfachsten Falle Platten aus hartem Paraffin oder Ebonit.

Man braucht eine große Auswahl von Klötzen verschiedener Größe, meist $15 \times 15 \times x$ cm, wobei $x = 0{,}5$, 1, 1,5, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 15 cm bedeutet,

Fig. 509. Fig. 510.

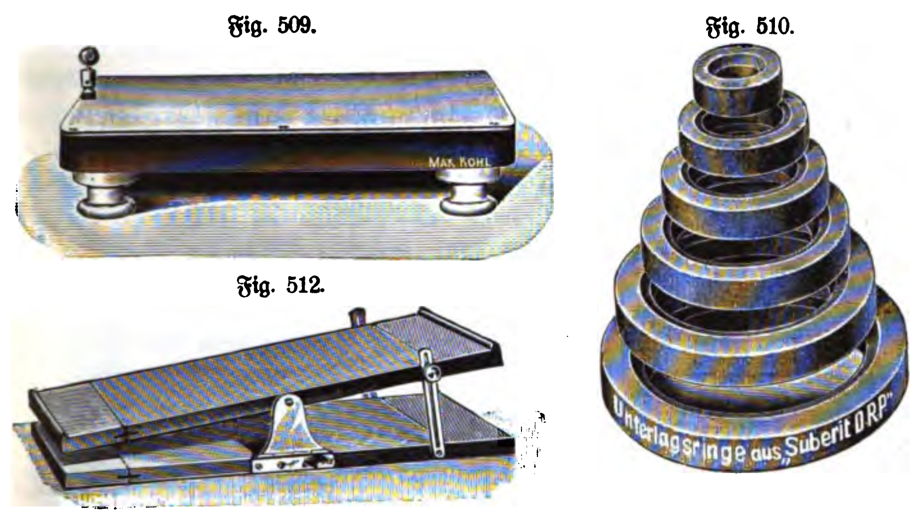
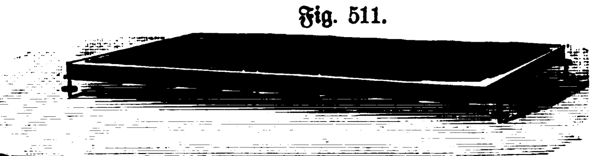


Fig. 512.

Fig. 511.



on jeder Sorte etwa 10 Stück. Dieselben sind jenau abgehobelt und chwarz gebeizt und mit Öl und Politur abgerieben, um das Eindringen von Feuchtigkeit zu verhüten. Bequem sind auch für nanche Zwecke Klötze und Ringe aus Korkmasse [Suberit [1]] (Fig. 510) und Strohkränze zum Aufsetzen großer Kolben, Porzellanschalen und dergleichen.

Steht ein mit vier Füßen versehener Apparat nicht sicher auf oder steht ein ehr hoher Apparat schief, so hilft man nur durch untergeschobene flache Holzkeile iach, welche in genügender Anzahl und Auswahl vorhanden sein müssen. In gleicher Weise verfährt man, wenn ein Apparat, der nicht mit Stellschrauben versehen ist, genau horizontal gestellt werden soll. Sehr bequem für diesen Fall ist uch ein sogenanntes Stellbrett, d. h. ein mit vier Stellschrauben versehenes Brett von der Größe eines kleinen Reißbrettes, welches auf den Tisch aufgesetzt vird und den Apparaten zur Unterlage dient. [Fig. 511, K, 50 [2]).]

Bei sehr hohen oder langen Gegenständen muß öfters deren Lage durch gespannte Drähte oder Schnüre, welche an Haken an den Wänden, im Boden oder

[1]) Zu beziehen von Franz Müller in Bonn. — [2]) Ein Neigebrett nach Fig. 512, auptsächlich zu schräger Aufstellung von Projektionslaternen bestimmt, liefert E. Liesegang in Düsseldorf zu 8 Mk.

an der Decke befestigt sind, gesichert werden (Fig. 513). In Holz lassen sich die Haken leicht eintreiben oder einschrauben (Fig. 514 und 515). Bei Steinwänden muß man durch Probieren mit einem langen Drahtstift oder Sondierbohrer (Fig. 516) zunächst eine Fuge suchen oder mit dem Steinmeißel ein Loch bohren und in dieses ein Holzstück (Dübel) eintreiben (Fig. 517). Zum Anspannen der Drähte dienen Verschraubungen wie Fig. 518 und 519.

Auch kleine Gegenstände werden häufig aufgehängt. Die Fig. 521, 522, 523 und 524 zeigen verschiedene Befestigungsvorrichtungen für den Aufhängefaden, die letzteren drei verstellbare. Leicht lösbare Befestigungsarten eines Aufhängehakens zeigen die Fig. 525 und 526 (Bajonettverschluß), leicht zu lösende Verbindungen zweier Schnüre, Ketten oder Drähte die Fig. 527, 528 und 529 (Karabinerhaken). An einer Stange kann ein Haken einfach durch selbsttätige Klemmung angebracht werden, wie bei Fig. 530, oder mittels eines durch Schrauben zusammengezogenen Bandes (Fig. 531), einer sogenannten Rohrschelle. Soll eine Schnur seitlich in einen Ring hineingeführt werden, so dient der in Fig. 532 dargestellte Spiralhaken. In Fällen, wo es sich darum handelt, einen Körper rasch an verschiedenen Punkte einer Fläche anzuhängen, kann man, wie Fig. 533 zeigt, ein Drahtgitter verwenden. Unter Umständen kann es auch von Vorteil sein, einen Faden durch einen daran befestigten kleinen Luftballon in senkrechter Lage zu halten. Die Fig. 534, 535, 536, 537 und 538 zeigen verschiedene Methoden der Befestigung des aufzuhängenden Körpers an der Schnur.

Als Aufhängefäden benutzt man entweder gewöhnliche Bindfäden oder besser geklöppelte Schnüre und Seile, welche sich nicht aufdrehen. Bindfaden wird in den bekannten Schnurbüchsen aufbewahrt, dünner Bindedraht auf Spulen aufgewickelt.

Dieselben Materialien werden auch statt zum Aufhängen zum Anbinden oder Festbinden gebraucht. Von Drähten finden besonders weicher Kupfer- und Eisendraht, sodann verzinnter Kupfer- und Eisendraht und mit Baumwolle umsponnener Draht als Bindedraht Anwendung, event. auch Bleidraht. Die am häufigsten vorkommenden Knotenformen sind in den Fig. 539 (einfacher Knoten), 540 (doppelter Knoten), 541 (leicht lösbarer Knoten), 542 [sehr zuverlässiger (Weber-) Knoten], 543 (Plattstichknoten), 544 (Verlängerungsknoten) und 546 (Fischerknoten) dargestellt. Das Binden mit Draht deutet Fig. 545 an, die Verbindung steifer Drähte die Fig. 547 und 548.

Zum Aufhängen elektrischer Körper dienen Seidenfäden und seidene Schnüre. Nicht alle Seidensorten sind gleich gut, namentlich, wenn sie mit metallischen Farben — wie Berlinerblau — gefärbt sind. Man kann sich leicht davon überzeugen, ob die Seide isoliert, wenn man über einem Drahte an demselben Seidenfaden von etwa 20 bis 30 cm Länge zwei Hollundermarkkugeln aufhängt und beiden dieselbe Elektrizität mitteilt. Sie dürfen im geheizten Zimmer im Winter nur sehr langsam wieder zusammensinken. Insbesondere muß man bei seidenen Schnüren darauf sehen, daß sie keinen baumwollenen Kern haben, was beinahe immer der Fall ist. Sicherer geht man bei sogenannten Nestelschnüren, welche immer ganz von Seide sind, und bei seidenen Bändern.

Es ist zweckmäßig, sich einen genügenden Vorrat weißer geklöppelter Seidenschnur zu halten, da man dieselben nicht immer in Handlungen vorrätig findet.

Ferner gebraucht man zum gedachten Zwecke Haken aus isolierenden

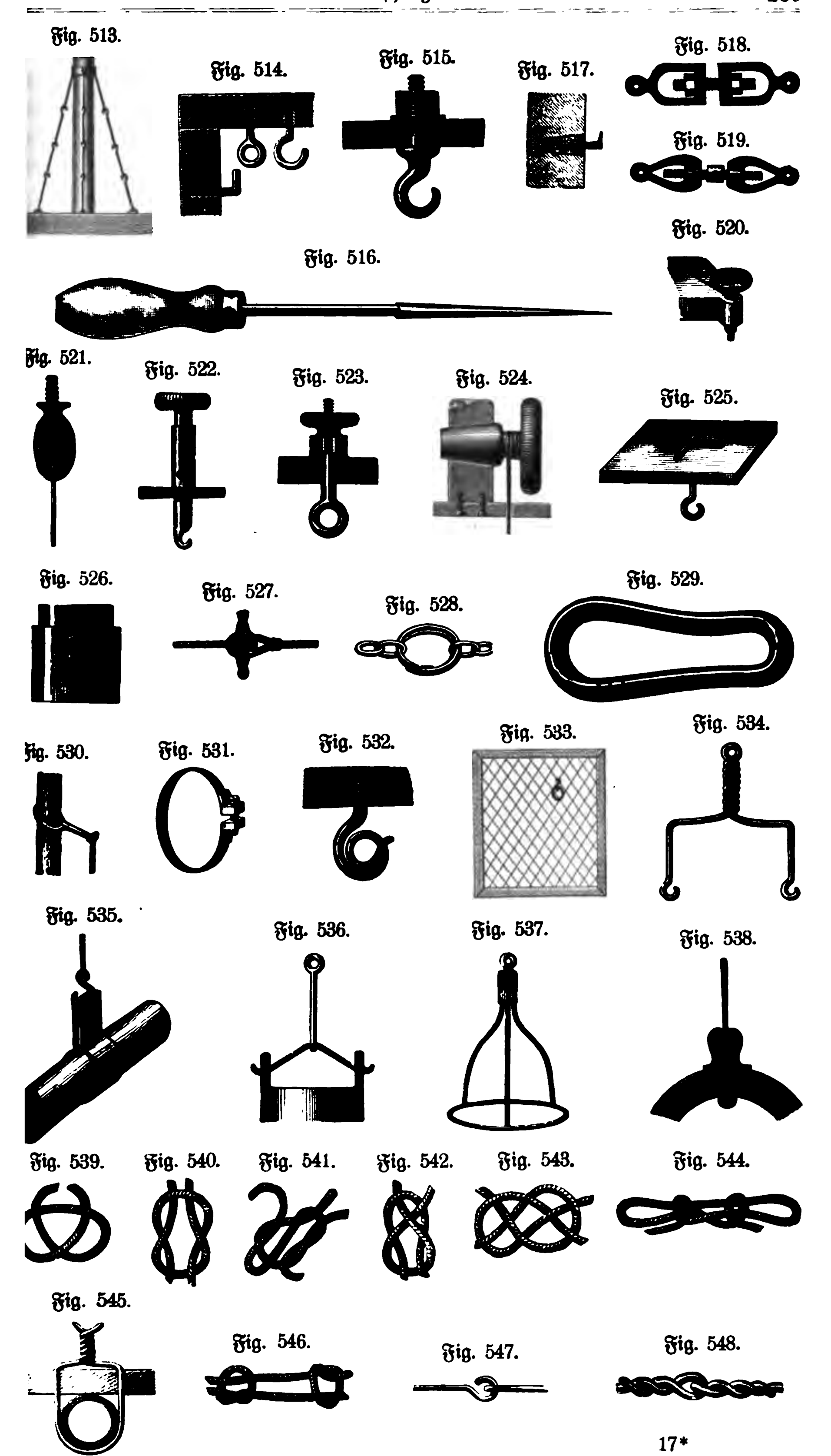


Fig. 513. Fig. 514. Fig. 515. Fig. 517. Fig. 518. Fig. 519. Fig. 520. Fig. 516. Fig. 521. Fig. 522. Fig. 523. Fig. 524. Fig. 525. Fig. 526. Fig. 527. Fig. 528. Fig. 529. Fig. 530. Fig. 531. Fig. 532. Fig. 533. Fig. 534. Fig. 535. Fig. 536. Fig. 537. Fig. 538. Fig. 539. Fig. 540. Fig. 541. Fig. 542. Fig. 543. Fig. 544. Fig. 545. Fig. 546. Fig. 547. Fig. 548.

Glas[1]), die man sich leicht aus Flintglasstäben oder -röhren biegen kann, und Ebonithaken, die unter schwachem Erwärmen aus dünnen Ebonitstäben gebogen werden können. Auch Porzellanringe, wie sie als Gardinenringe käuflich sind, erweisen sich zuweilen recht brauchbar.

Zur flüchtigen Befestigung von Apparatteilen an Holz werden vielfach Drahtstifte, Haken und Schrauben verwendet. Theaterarbeiter pflegen Nagelbohrer zu verwenden, welche sich leicht eindrehen und rasch wieder entfernen lassen.

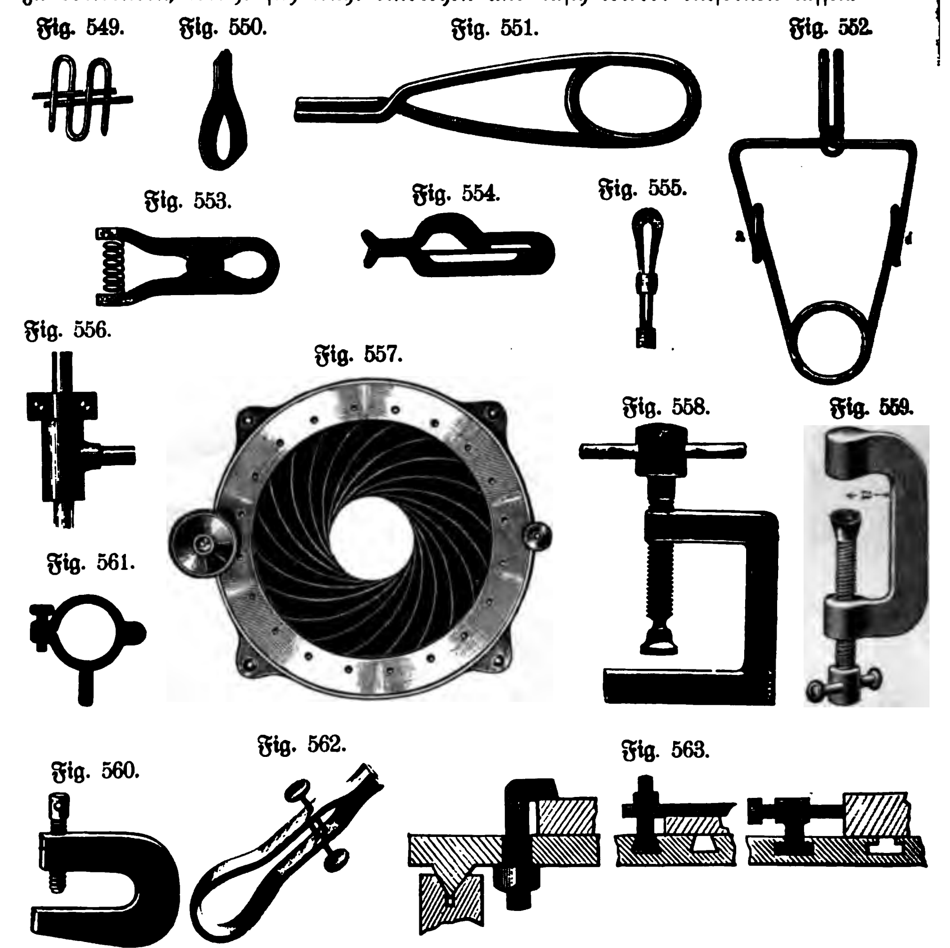


Fig. 549. Fig. 550. Fig. 551. Fig. 552. Fig. 553. Fig. 554. Fig. 555. Fig. 556. Fig. 557. Fig. 558. Fig. 559. Fig. 561. Fig. 560. Fig. 562. Fig. 563.

Bei Papier, Leinwand u. s. w. kommt man schon mit Reißnägeln und Nadeln mit Schellackkopf aus, von welchen genügender Vorrat vorhanden sein muß. Bequem sind größere Reißnägel mit Griff, welche leicht herausgezogen werden können.

Vielfache Verwendung finden ferner Siegellack und Klebwachs, eine Mischung von 10 Tln. gelbem Wachs mit 5 Tln. venetianischem Terpentin und so viel Öl, daß die Masse bei gewöhnlicher Temperatur knetbar ist.

Aus Siegellackstangen kann man sich durch Aneinanderschmelzen mit

[1]) Eventuell nach Warburg (Wied. Ann. 21, 634, 1884) durch Elektrolyse in heißem Quecksilber isolierend gemacht.

geringer Mühe kleine Gestelle verschiedenster Art herstellen; ebenso aus Wachs (Bossierwachs). Beides muß also in großer Menge vorhanden sein. Wachs legt man vor dem Gebrauche in warmes (nicht heißes) Wasser, bis es hinreichend knetbar geworden ist. Man kann sich daraus die verschiedenartigsten kleinen Halter, Träger, Röhrenverbindungen u. s. w. kneten und schließlich ist nichts an dem Material verloren, man kann es immer wieder in andere Form bringen.

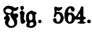


Fig. 564.

Zum Halten von Reagenzgläsern und anderen Glasröhren, sowie des Halses von Kochflaschen u. s. w., kann man sich aus Messingdraht oder federndem Messingblech die mannigfaltigsten Klemmen biegen, welche man jeweils dem beabsichtigten Zwecke anpaßt.

Recht brauchbar sind manchmal die zu billigem Preise zu beziehenden Klammern für photographische Zwecke (Wäschelklammern), Fig. 553 und 554. Fig. 555 zeigt eine Zangenklemme, Fig. 556 eine Rohrschelle, Fig. 557 eine Irisklemme, welche zum Einklemmen runder Gegenstände, z. B. von Objektiven, geeignet ist [1]).

Verschiedene Formen von Schraubzwingen und Spannvorrichtungen sind in den Fig. 558, 559, 560, 561, 562 und 563 dargestellt. Sehr bequem sind die Patentzwingen (Fig. 564), bei welchen man durch zwei Griffe Gegenstände von sehr variabler Dicke sofort festschrauben kann, während bei gewöhnlichen Schraubzwingen das Anpassen an die Dicke des Gegenstandes durch Aus- und Eindrehen der Schraube recht lästig und zeitraubend ist.

Fig. 565.

57. Stative. Zum Aufstellen der Apparate gebrauche ich im allgemeinen Tische verschiedener Größe, deren Füße mit Lenkrollen versehen sind, so daß sie leicht verschoben werden können. Um Raum zu sparen, sind sie so gearbeitet, daß sich je vier untereinander schieben lassen. Von jeder Art sind wenigstens zwei vorhanden. Durch Verbinden zweier gleich hoher Tische durch angeschraubte Stäbe können längere Tischflächen hergestellt werden, falls dies erforderlich ist.

Neben den gewöhnlichen Tischen werden vielfach verstellbare Tischchen von sehr verschiedener Höhe gebraucht. Die größten (Fig. 565) lassen sich bis zu **4 m Höhe** ausziehen. Sie bestehen aus einem schweren, großen, eisernen Dreifuß, in welchen in der Mitte ein zweizölliges eisernes Gasrohr eingeschraubt ist, in welchem sich eventuell ein zweites verschieben und befestigen läßt, das selbst wieder ein drittes enthält, auf welchem die Tischplatte befestigt ist (Fig. 566).

[1]) Zu beziehen von A. Glock in Karlsruhe, Kaiserstraße 89.

Letztere ist unten mit einer Gasrohrflansche zum Aufschrauben versehen, läßt sich also leicht abschrauben und durch ein anderes Stück, z. B. einen galgenartigen Haken zum Anhängen schwerer Gegenstände u. dergl. ersetzen.

Sollen die Stative für den Gebrauch bei elektrischen Versuchen vom Fußboden isoliert sein, so stellt man die Enden des Dreifußes auf drei Klötze von hartem Paraffin oder auf Bretter, die mit solchem unterlegt sind.

Einige Stative sind mit drei- und vierfachem Auszug (ähnlich wie Fernrohre) hergestellt, um sie auch sehr niedrig stellen zu können. Selbstverständlich hat jedes Auszugsrohr seine besondere Klemmschraube (Fig. 570, K, 20).

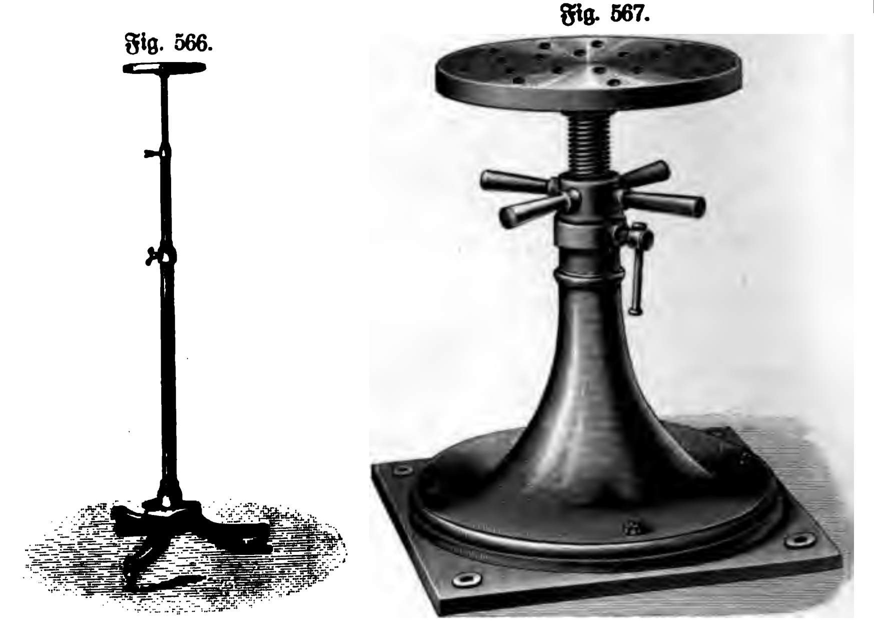


Fig. 566. Fig. 567.

Für sehr schwere Lasten findet zuweilen ein Bohrmaschinentisch (Fig. 567) Anwendung, bei welchem die Höhe durch Drehen einer Mutter mit vier Griffen reguliert werden kann. (Zu beziehen von M. Selig jun. u. Co., in Berlin.)

Außer den großen eisernen Stativen werden ferner hölzerne verschiedener Form gebraucht, insbesondere solche nach Gauß (Fig. 568). Sehr bequem sind Stative mit Zahnstange und Trieb, sowie verschiedenen Korrektionsschrauben zum Horizontalstellen der Tischplatte [1]).

Zum Aufstellen photographischer Cameras, von Projektionsapparaten u. dergl. wird zuweilen auch die Tischplatte mit Triebvorrichtungen zum Neigen nach einer oder zwei Seiten versehen [2]).

Durch Verbinden zweier Stative erhält man bankartige Gestelle. Häufig gebraucht wird die optische Bank (Fig. 574). *AB* ist ein schwacher, gerader, 4 bis 5 m langer Balken aus Tannenholz (ein halber Rahmenschenkel oder besser zwei Brettstückchen zu dieser Stärke verleimt), der von zwei dreifüßigen Stützen *MM* getragen wird; letztere sind nur in passende Löcher des Balkens gesteckt, so daß

[1]) Stative, wie Fig. 569 (K, 75), sind zu beziehen von dem physikalisch-mechanischen Institut von Dr. Edelmann in München zu 70 bezw. 35 Mk. — [2]) Solche Stative liefert E. Liesegang in Düsseldorf zu 60 bis 150 Mk. (Fig. 571, 572 u. 573).

Fig. 568.

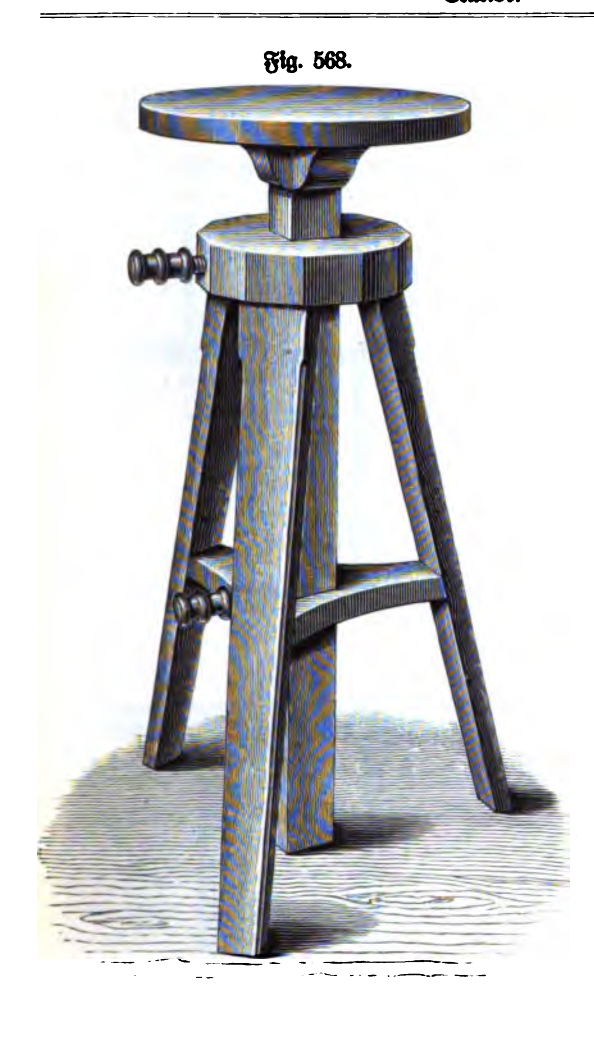


Fig. 570.

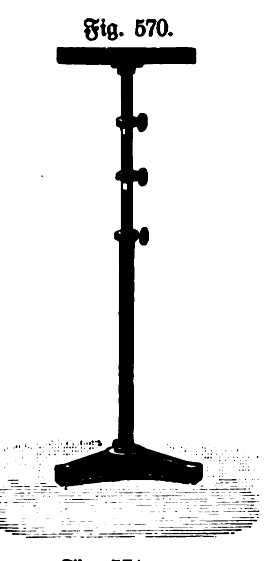


Fig. 571.

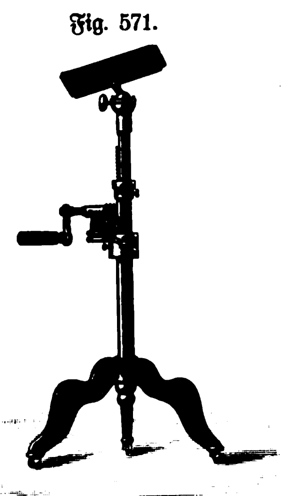




Fig. 569.

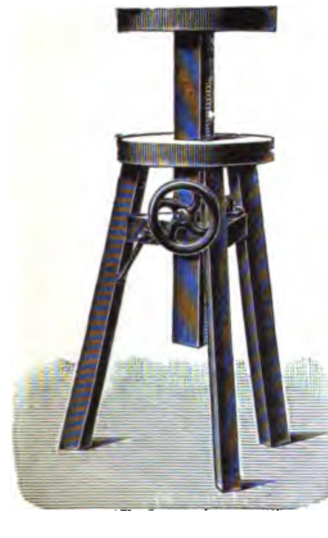


Fig. 572.



man nach dem Gebrauche das Gestell auseinander nehmen und getrennt aufbewahren kann. Der Balken ist seiner ganzen Länge nach in Centimeter geteilt, und es lassen sich an ihm Hülsen *PP*, wie Fig. 574 zeigt, verschieben und durch Schrauben

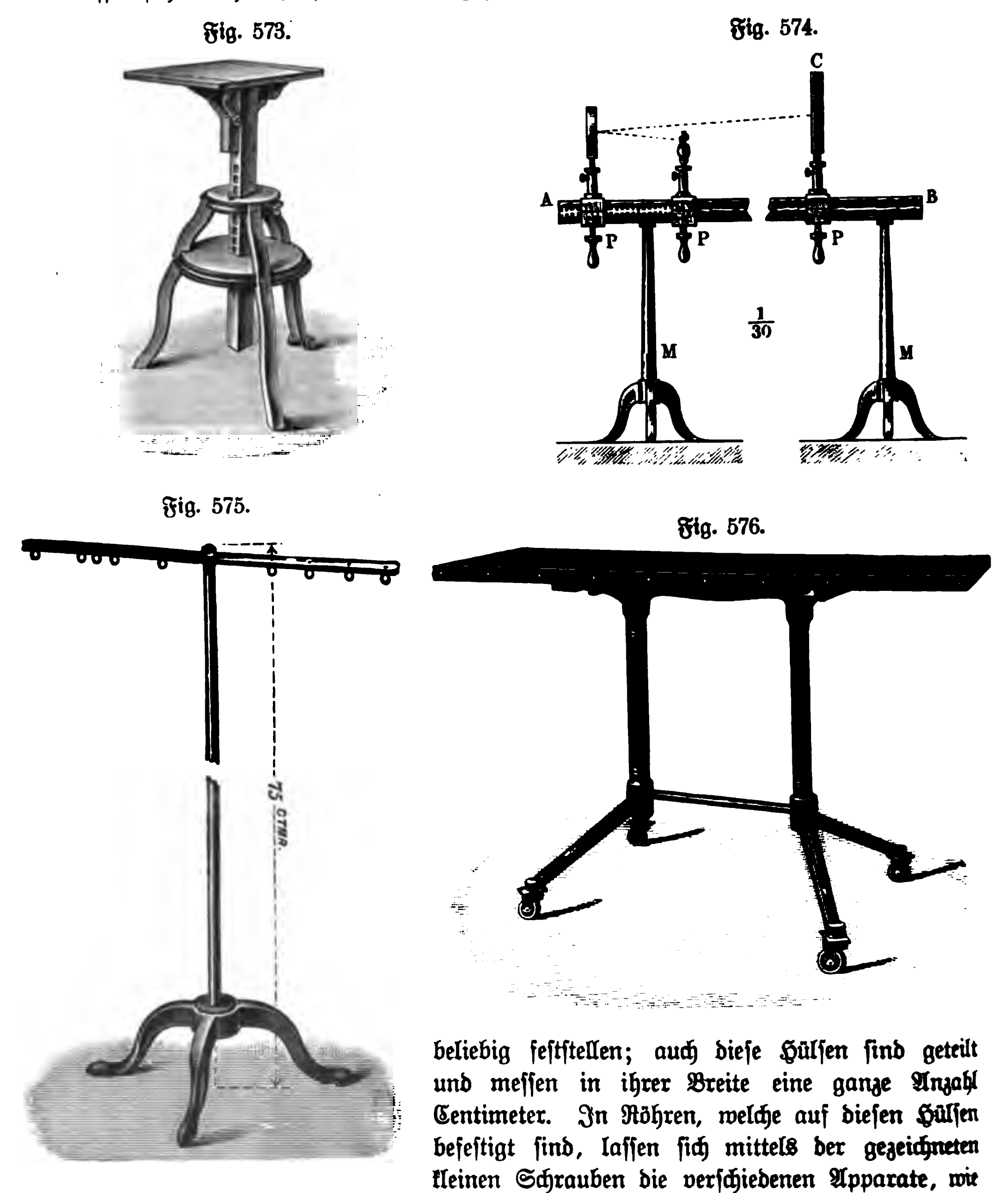


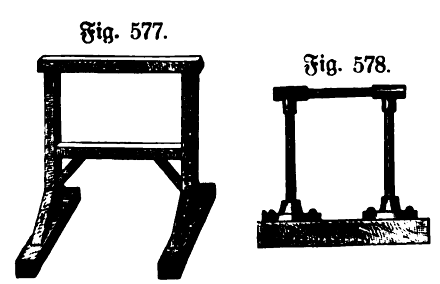
Fig. 573. Fig. 574. Fig. 575. Fig. 576.

beliebig feststellen; auch diese Hülsen sind geteilt und messen in ihrer Breite eine ganze Anzahl Centimeter. In Röhren, welche auf diesen Hülsen befestigt sind, lassen sich mittels der gezeichneten kleinen Schrauben die verschiedenen Apparate, wie Spiegel, größere Linsengläser, mit Papier bespannte Rahmen u. dergl. in beliebiger Höhe feststellen. Statt solcher Hülsen könnte man dem Balken oberhalb eine Nut geben und in dieser eingeschleifte Brettchen verschieben, auf welche die Röhren befestigt sind; allein man wird entweder nicht den gleich festen Stand oder nicht die gleich leichte Beweglichkeit erhalten, wie auf die angegebene Weise.

Fig. 575 (E, 10) zeigt ein Stativ zum Anhängen von Pendeln u. s. w. Fig. 576 (K, 125) ein längliches Tischchen mit Rollen.

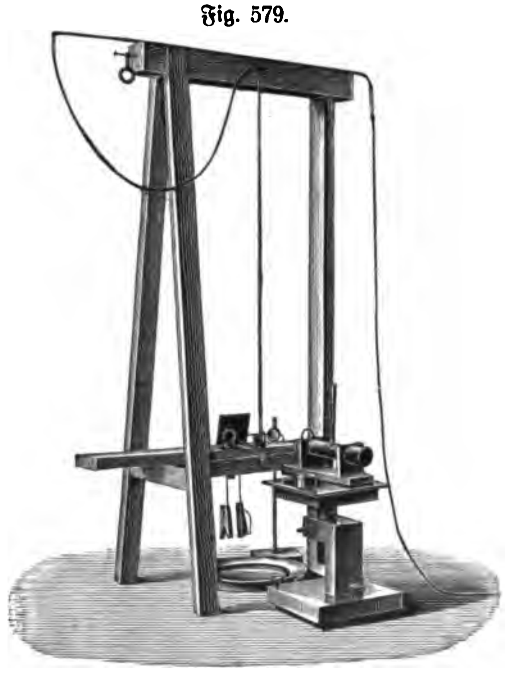
Zuweilen sind größere Gestelle, Fig. 577, oder Lattengerüste nötig, die man nach dem Gebrauch wieder zerlegt, oder auch nur einzelne Lattenstücke, welche als Stützen oder Streben wirken. Will man denselben ein einigermaßen gefälliges Aussehen geben, so umwickelt man sie mit einem Streifen von gefärbtem Baumwollenzeug oder gibt ihnen einen Anstrich mit brauner Beize.

Fig. 577. Fig. 578.



Auch aus den erst erwähnten großen eisernen Stativen kann man sich leicht die verschiedensten Gestelle zusammensetzen, denn die Tischplatte ist auf einer Gasrohrflansche befestigt, läßt sich also leicht abschrauben und durch eines der im Handel zu beziehenden Röhrenverbindungsstücke ersetzen. Selbst Apparate für Leitung von Gas, Luft, Wasser oder elektrischen Strömen können aus diesen Stativen zusammengesetzt werden. Ferner kann man auch aus Gasröhren und Verbindungsstücken allein mit Leichtigkeit Gestelle (Fig. 578), z. B. für Projektionsschirme, herstellen.

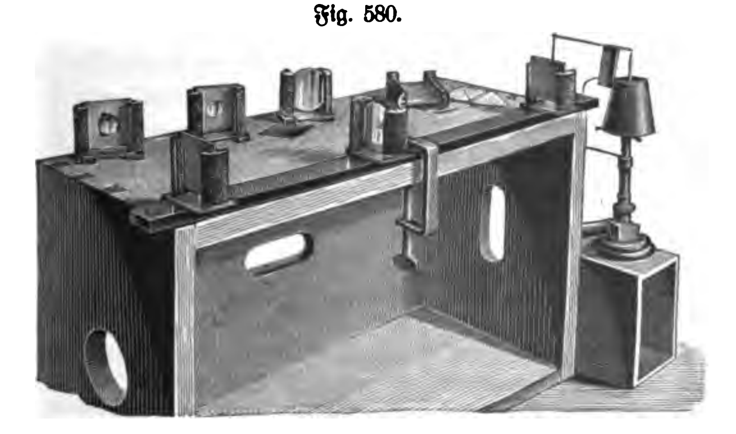
Fig. 579.



Quincke (Z. 5, 113, 1892) empfiehlt die in den Fig. 579 und 580 dargestellten Arbeitsstative. Es sind dreibeinige Böcke und einseitig offene Kisten, wie sie auch als Schemel Verwendung finden.

In seltenen Fällen können auch die großen Arbeitsböcke Verwendung finden, wie sie von Handwerkern benutzt werden, doch passen solche Vorrichtungen mehr in die Werkstätte und das Laboratorium als in den Hörsaal.

Fig. 580.



Hahn (Z. 16, 32, 1903) macht darauf aufmerksam, daß man gewöhnliche Leuchter zweckmäßig als Stative verwenden kann, insbesondere Porzellanleuchter als isolierende Stative.

Vielfach gebraucht werden kleine verstellbare Tischchen, nach Fig. 581, und Röhrenträger (Fig. 582). Damit die Stange nicht durch den Druck der Schraube verdorben wird, ist bei besseren Konstruktionen ein bewegliches, der Rundung der Stange angepaßtes Metallstück dazwischengefügt.

Fig. 583 zeigt eine andere Konstruktion, bei welcher die federnde Hülse durch eine umgelegte Zwinge stark an den Stiel des Tischchens angepreßt wird. Bei kleineren Stativchen wird das Anpressen der verjüngt zulaufenden geschlitzten Hülse

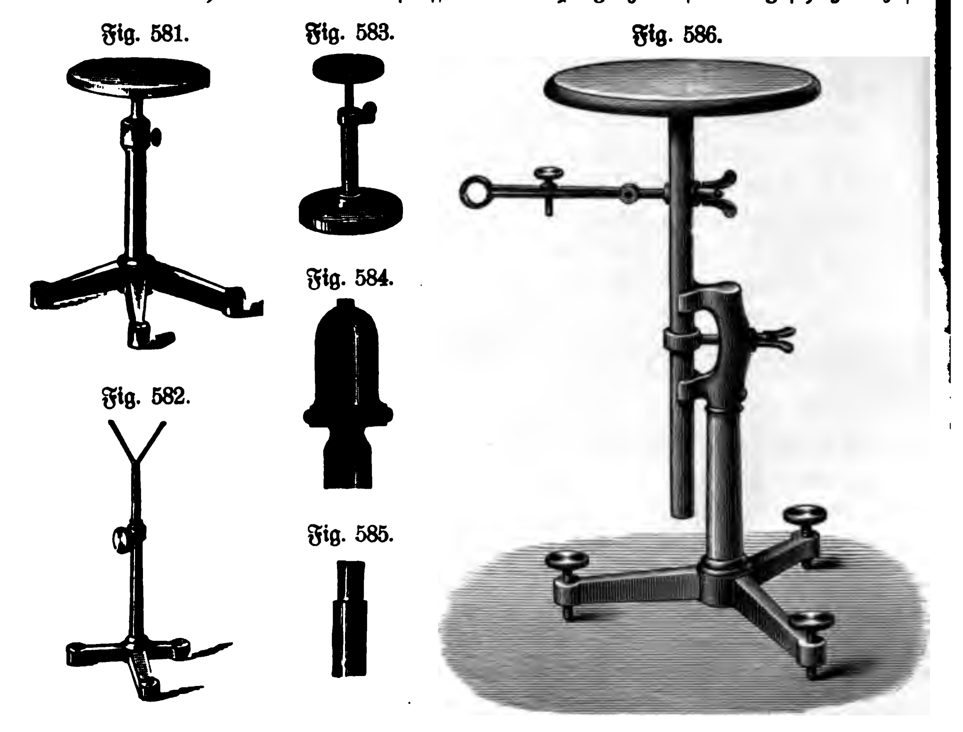


Fig. 581. Fig. 583. Fig. 586. Fig. 584. Fig. 582. Fig. 585.

durch eine Mutter bewirkt, z. B. nach dem in Fig. 584 dargestellten Prinzip oder auch einfach dadurch, daß man die Hülse hinreichend kräftig nimmt[1]) (Fig. 585).

Recht bequem sind ferner Tischchen von der in Fig. 586 dargestellten Form von etwa $^1/_2$ bis 2 m maximaler Höhe, wie sie der Mechaniker L. Golaz in Paris, Avenue du Parc de Montsouris 23 liefert. Viel angewendet werden Dreifüße. Man bekommt sie in den verschiedensten Formen (Fig. 587, 588, 589 und 590) im Handel, kann sie sich aber auch ohne große Mühe selbst herstellen, falls man mit Schmieden einigermaßen Bescheid weiß.

---

[1]) W. Holtz (Z. 8, 1, 1894) empfiehlt als Hülse eine 16 mm weite, dünnwandige Messingröhre, in welche oben zwei 5 cm lange Schlitze in 6 mm Abstand eingefräst sind. Die hierdurch abgegrenzte Lamelle ist nach innen getrieben und wirkt als Feder. Als billigste Stative empfiehlt er 7 bis 8 cm weite Medizinflaschen mit weiter Öffnung mit axial durchbohrtem Kork, in welchem ein rundes Holzstäbchen steckt, das so passen muß, daß es fest sitzt und dabei doch leicht verschiebbar ist.

Ebenso die Dreiecke und Ringe[1]) (Fig. 591, 592 und 593), welche man auf=
gt, wenn die Weite der Öffnung zu groß ist.

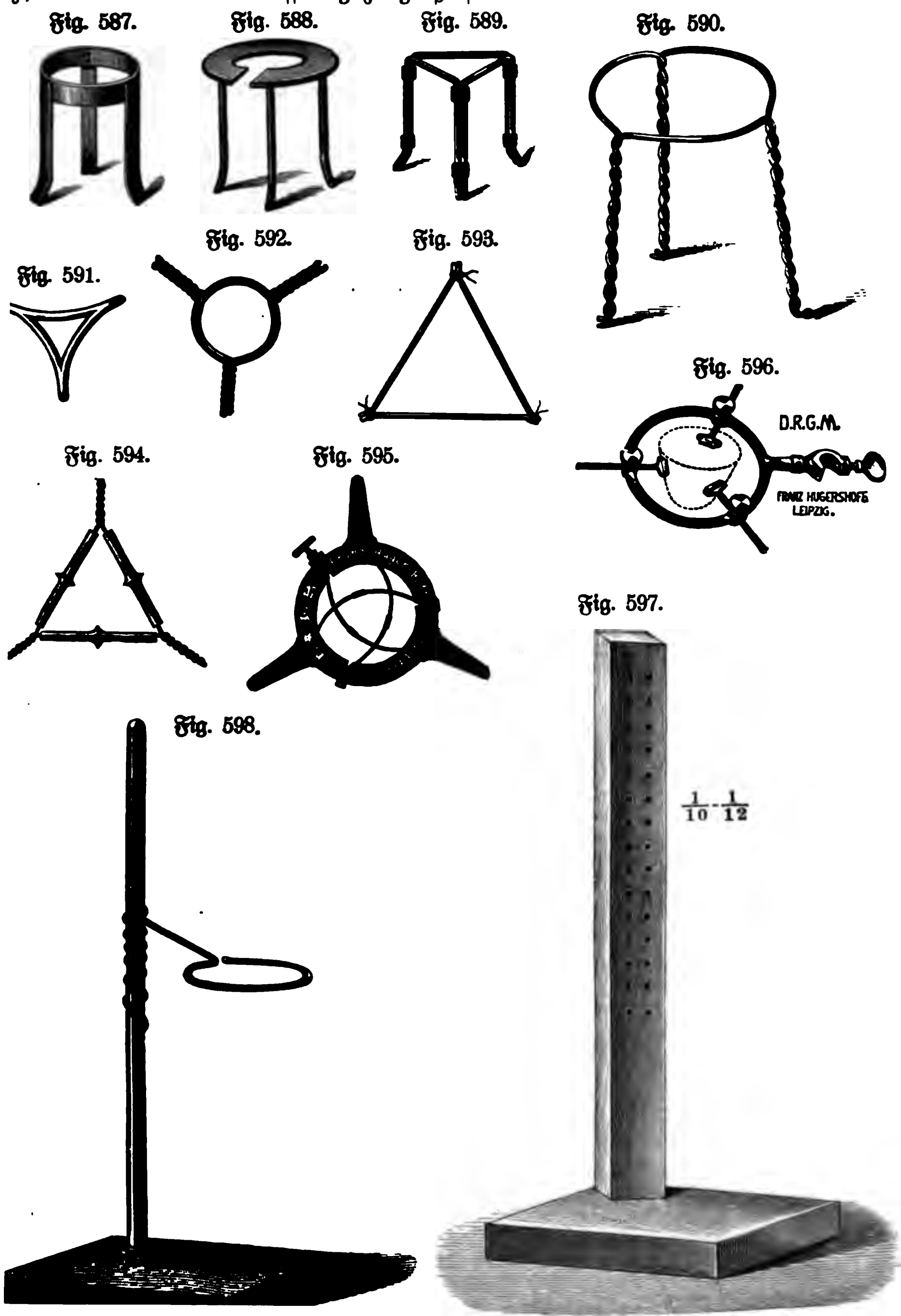
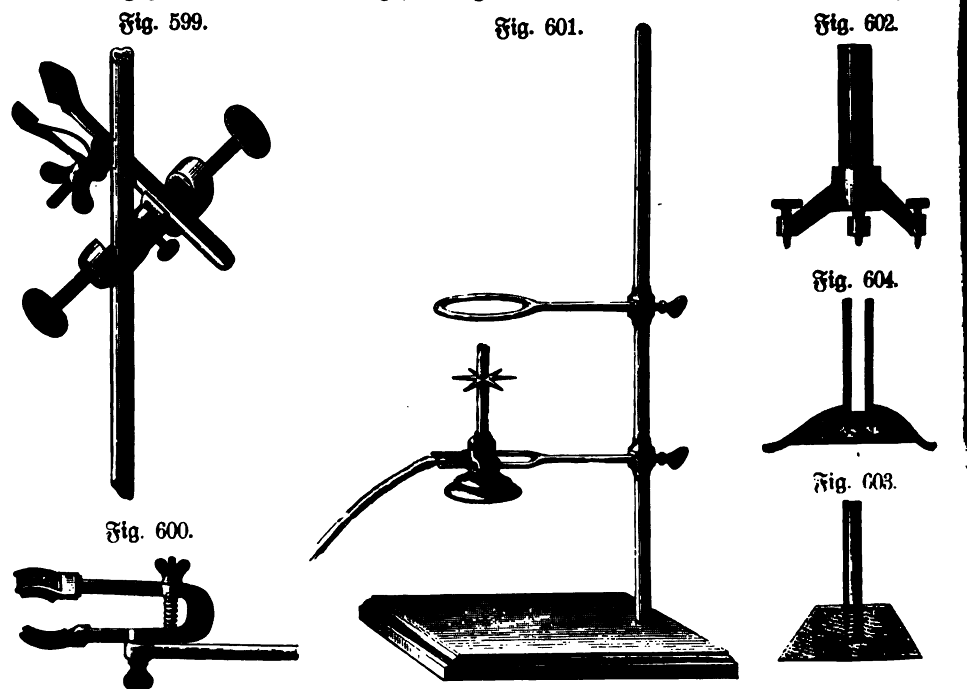


Fig. 587. Fig. 588. Fig. 589. Fig. 590. Fig. 591. Fig. 592. Fig. 593. Fig. 594. Fig. 595. Fig. 596. Fig. 597. Fig. 598.

[1]) Fr. Hugershoff, Leipzig, Carolinenstr. 13, liefert Drahtdreiecke von verzinntem sendraht mit Porzellanröhren nach Fig. 594. Ferner Ringe mit verstellbaren Einsätzen ch Fig. 595 und 596.

Ein ganz einfaches Gestell von Holz zu gleichem Zwecke zeigt Fig. 597. Die Ringe aus Draht werden mit den beiden Enden in je ein paar Löcher gesteckt. Eine andere einfache Vorrichtung zeigt Fig. 598; sie besteht aus einem 5 bis 10 mm starken, auf einem Brettchen befestigten Eisendraht, um welchen Spiralen aus etwa 2 bis 3 mm starkem Draht gewunden sind, welche zugleich die Ringe bilden.

Am häufigsten werden die Bunsenschen Stative gebraucht[1]). Diese Stative bestehen aus einer rechteckigen eisernen Grundplatte (oder einem Dreifuß aus Gußeisen), in welche ein Rundeisenstab vertikal eingeschraubt ist. Die Klemmen haben die in Fig. 599 und 600 dargestellte Form. Sie werden, wie aus der ersteren


Fig. 599. Fig. 601. Fig. 602. Fig. 604. Fig. 603. Fig. 600.

Figur zu ersehen, durch eine Doppelmuffe an den Rundeisenstab angeklemmt und können sehr leicht entfernt werden, da die Muffen geschlitzt sind. Eine abgeänderte Form mit vierkantigen Stäben liefert Muencke in Berlin. Ein Stativ mit einem Ringe und an eine Gabel gestecktem Brenner zeigt Fig. 601.

Hagenbach gibt den Stativen, was sehr empfehlenswert ist, halbmondförmige Füße, so daß man leicht beliebig viele dicht hintereinander stellen kann. Bei den gewöhnlichen rechteckigen Füßen führt dagegen die Unmöglichkeit, die Stative genügend nahe zusammenzuschieben, nicht selten zu unnötigen Komplikationen.

Dreifüße werden zuweilen nach Fig. 602 mit Stellschrauben versehen.

Runde Füße, nach Fig. 603, kann man sich leicht durch Eingießen von Blei oder Zink in eine Eisenpfanne selbst herstellen. Die Fig. 604 und 606 stellen Füße aus gedrücktem und mit Blei ausgegossenem Blech dar.

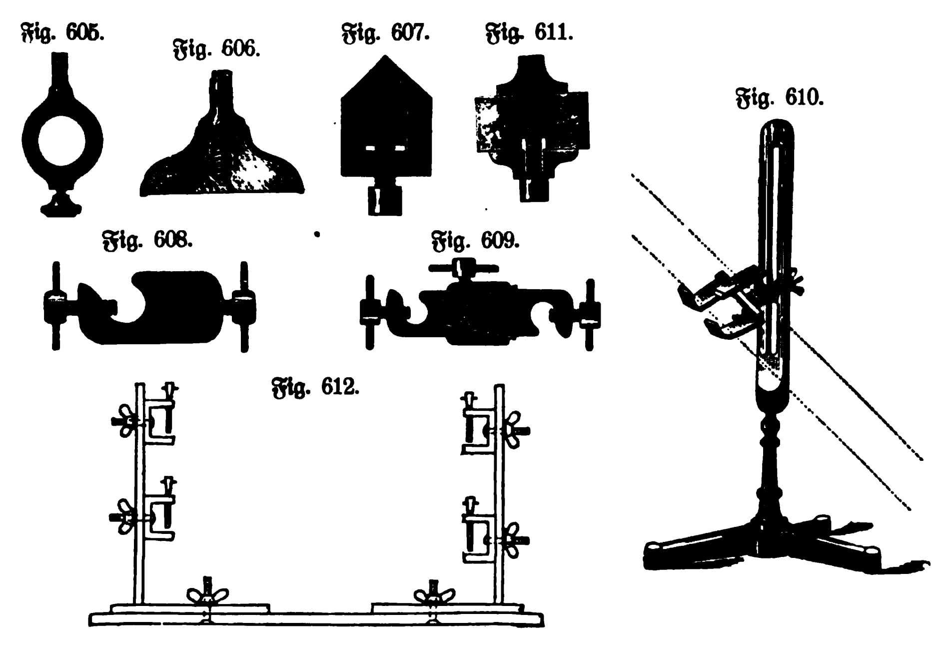
Verschiedene Formen von Muffen zeigen die Fig. 605 und 607. Die ge-

[1]) Zu beziehen von Desaga in Heidelberg je nach der Höhe, 40, 65, 100 und 150 cm, zu 23,45, 29,90, 31,60 und 41 Mk.

schlitzte Doppelmuffe, Fig. 608, hat vor den anderen den Vorzug, daß sie sich seitlich ansetzen läßt.

Bei den sehr empfehlenswerten sogenannten Kreuzmuffen hat der Schlitz solche Gestalt, daß die Muffe auch um 90° verdreht angeklemmt werden kann. Die Fig. 609 zeigt eine Doppelmuffe, deren beide Hälften sich gegeneinander verdrehen lassen.

Bei Anschaffung eines Stativs ist darauf zu achten, daß die Griffe der Schrauben nicht zu klein und die Gewinde nicht zu seicht sind. Die Muffen müssen so große Schlitze haben, daß man jeden Teil leicht seitlich von der Stange wegnehmen oder ihn daran ansetzen kann; außerdem müssen sie so kräftig sein, daß sie selbst bei starkem Anziehen der Schraube keine Deformation erleiden oder durchbrechen. Die einzelnen Teile müssen beim Anziehen der Schrauben senkrecht zum


Fig. 605. Fig. 606. Fig. 607. Fig. 611. Fig. 610. Fig. 608. Fig. 609. Fig. 612.

vertikalen Stabe stehen und letzterer selbst muß senkrecht in seiner Fußplatte eingesetzt sein. Die käuflichen Apparate entsprechen diesen Anforderungen nicht immer und sind zuweilen recht plump und roh gearbeitet.

Eine andere Art, die Zangen an den Stativstäben anzuklemmen, besteht darin, daß man letztere flach gestaltet und mit einem Schlitz versieht, Fig. 610 und 611. Trentelen (Z. 7, 274, 1894) empfiehlt ein solches Stativ aus Holz, welches man leicht selbst herstellen kann und dessen Vorzüge besonders dann hervortreten, wenn, wie Fig. 612 zeigt, zwei Stative einander gegenüber auf einem Brett befestigt sind, wobei Spiegel, Schirme u. s. w. vertikal oder in beliebiger Neigung befestigt werden können.

Häufig werden in neuerer Zeit Stangen, Muffen und Zangen der Bunsenschen Stative aus Aluminium hergestellt. Damit ist angenehmer zu arbeiten, die Festigkeit ist aber natürlich geringer.

Man muß von den Ringen und Klemmen des Bunsenschen Universalstativs, welche einzeln käuflich sind, einen genügenden Vorrat in verschiedenster

Form und Größe haben, um jeweils davon diejenigen auswählen zu können, welche für den beabsichtigten Zweck am passendsten erscheinen. Häufig können diese Klammen auch an irgend einen Teil eines im Gebrauch stehenden Apparates oder an eine daran befestigte Stange u. dergl. angeklemmt werden, so daß der hinderliche, platzversperrende Stativfuß überflüssig wird[1]).

Fig. 616 zeigt eine Schraubzwinge mit Bunsenschem Stativ.

G. Neumann empfiehlt die in Fig. 617 dargestellte Klemme (1888). Zum Halten kleiner leichter Gegenstände dient zweckmäßig das kleine, nur 33 cm hohe Stativchen Fig. 619, dessen Klemme aus einem federnden Draht gebildet ist und einfach durch eine Feder an den Stativstab angepreßt wird.

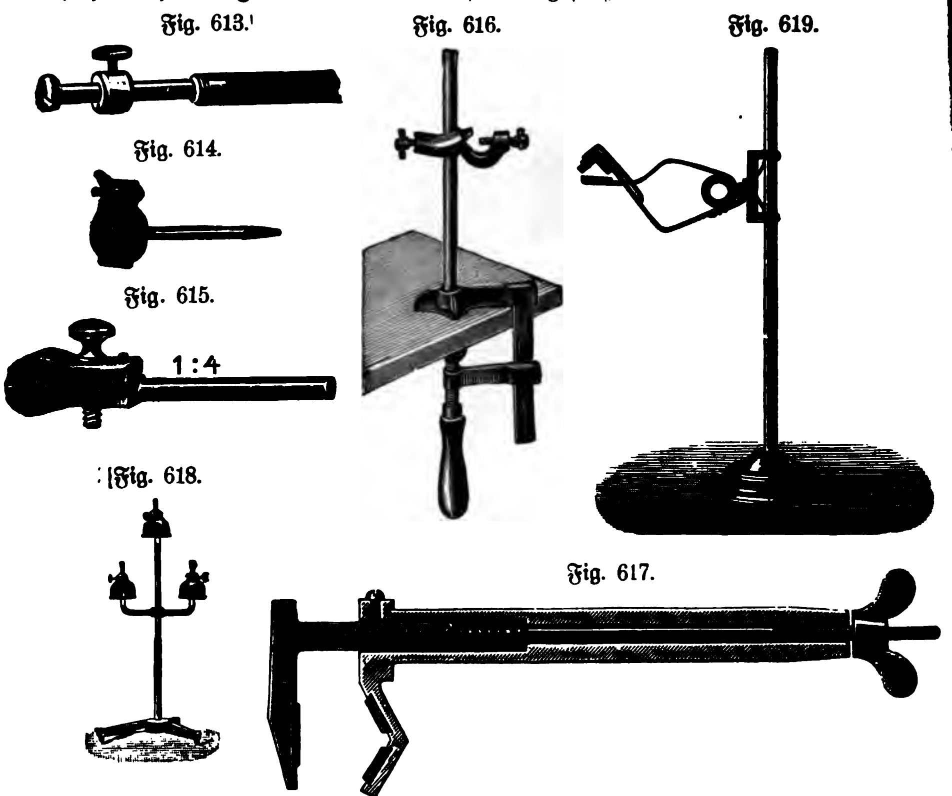


Fig. 613. Fig. 614. Fig. 615. Fig. 616. Fig. 617. Fig. 618. Fig. 619.

Für elektrische Zwecke gebraucht man Stative, welche teilweise aus Ebonit verfertigt sind und deren Zangen isolierende Griffe besitzen, wie z. B. das in Fig. 620 dargestellte Stativ nach Edelmann[2]).

Verschiedene isolierende Stative, insbesondere sogen. Funkenständer, sind in den Fig. 621 (E, 25; 35; 75) bis 625 (K, 24) abgebildet.

Peters[3]) (Z. 6, 277, 1899) konstruierte ein elektrolytisches Stativ, bestehend aus zwei ineinander steckenden voneinander isolierten Messingröhrchen mit doppelt T-förmigem Fuß, bei welchem sowohl auf die äußere als innere Röhre Muffen mit den Elektrodenträgern angeklemmt werden können. Die Zuleitung des Stromes

---

[1]) Klemmen nach Fig. 613, 614, 615 liefert Fr. Hugershoff, Leipzig, Karolinenstraße 13. — [2]) Zu beziehen von Dr. Edelmann in München zu 75 bis 120 Mk. — [3]) Es ist zu beziehen von Kaehler und Martini in Berlin.

geschieht durch zwei in der Nähe des Fußes an den Röhren angebrachten Klemmschrauben.

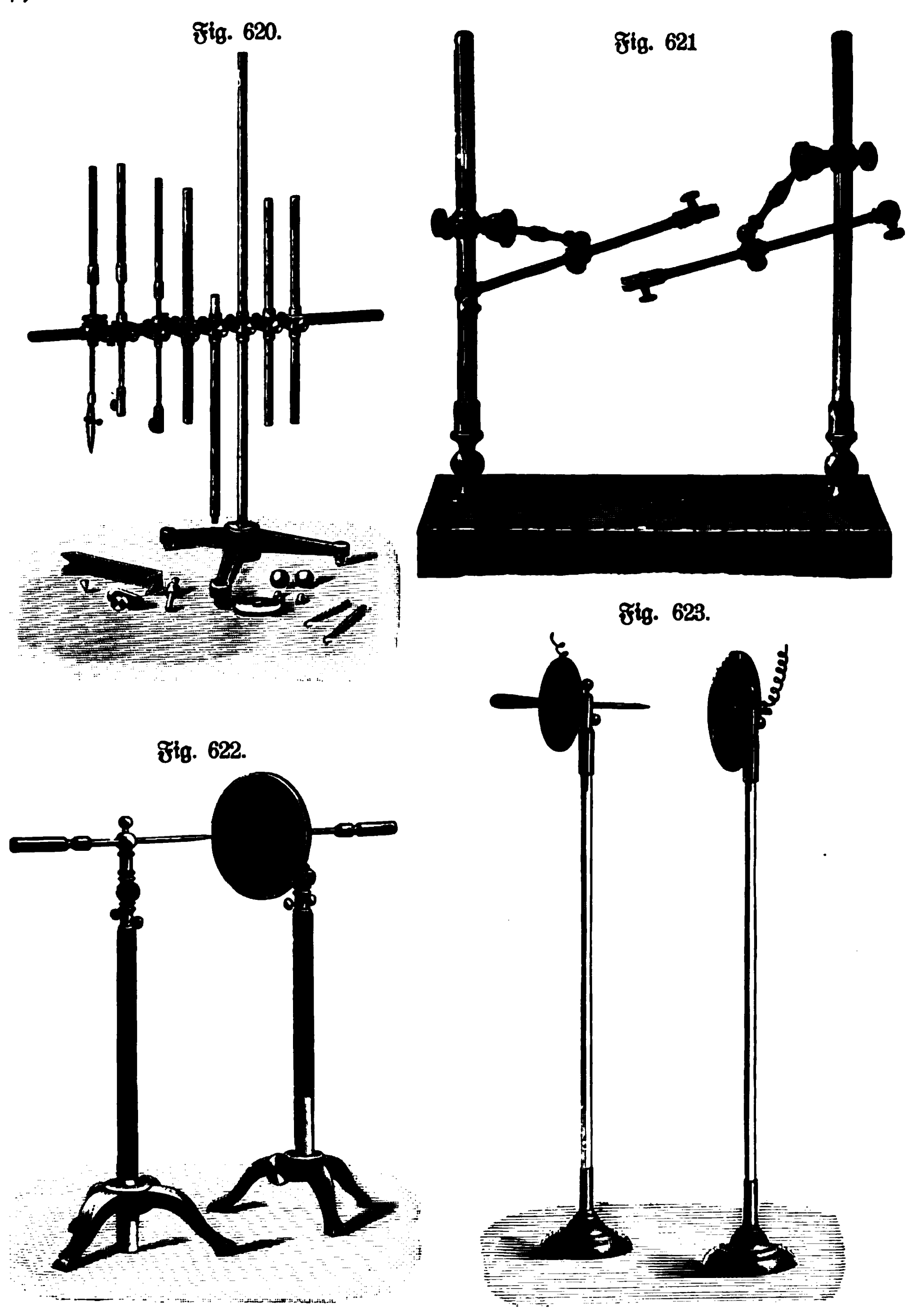


Fig. 620. Fig. 621. Fig. 622. Fig. 623.

Zuweilen sind Stative nötig, deren Stange in dem Fuße drehbar ist. Man ersieht dann letztere mit einem Konus und Vierkantzapfen für eine Unterlegscheibe, welche unter federnder Zwischenlage durch Mutter und Gegenmutter angedrückt wird, wie Fig. 626 zeigt.

Soll die Drehung bei einer bestimmten Stelle anhalten, so ist noch ein Arretierung erforderlich, wie sie z. B. Fig. 627 andeutet, wobei ein vorspringende Stift gegen einen im Fuße befestigten Stift anstößt. Soll der obere Teil de Stativs drehbar sein, so kann man dies, gemäß Fig. 628, bewirken durch eine Zapfen mit Nut, in welche Spitzen eingreifen, oder durch eine aufgesetzte Muff

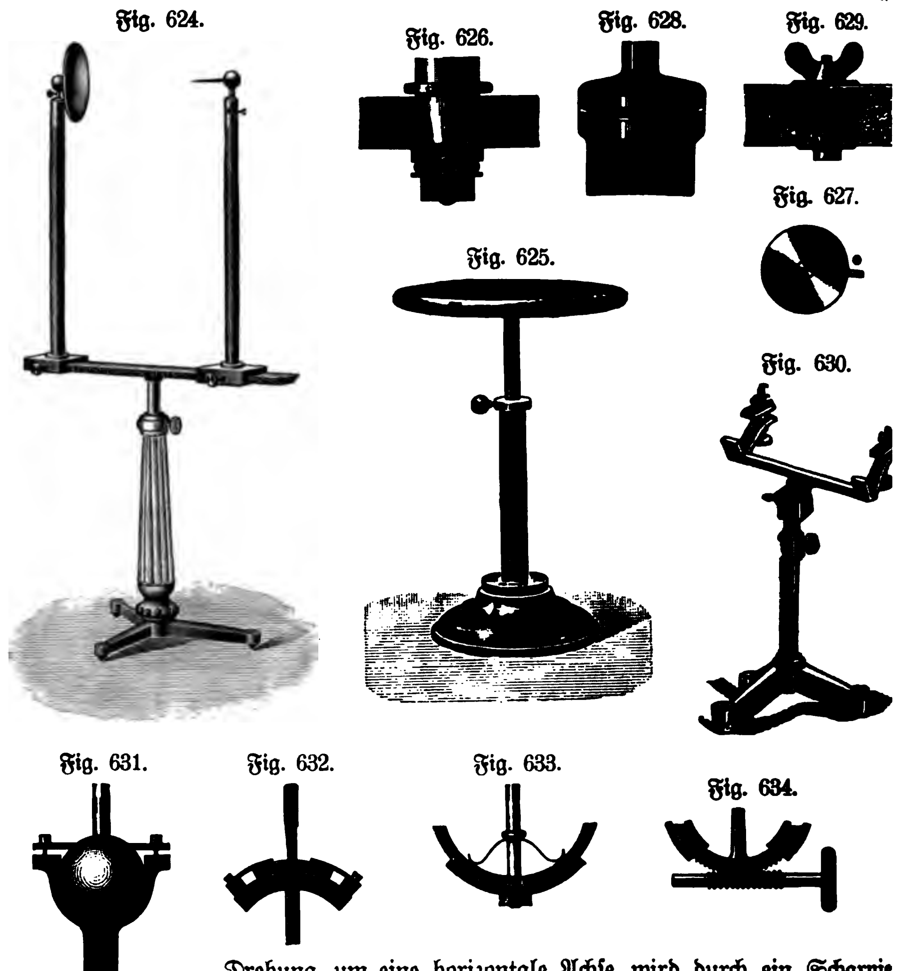
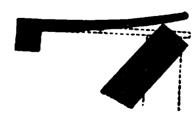


Fig. 624. Fig. 626. Fig. 628. Fig. 629. Fig. 627. Fig. 625. Fig. 630. Fig. 631. Fig. 632. Fig. 633. Fig. 634.

Drehung um eine horizontale Achse wird durch ein Scharnie Fig. 629 und 630, ermöglicht und Drehung nach allen Rid tungen durch ein oder mehrere Kugelgelenke, Fig. 631, od ähnliche Vorrichtungen, wie sie die Fig. 632, 633 und 63 zeigen[1]). Soll sich eine bestimmte Stellung leicht erkennen lasse so bringt man eine Feder an, welche in eine Vertiefung ei schnappt oder überhaupt bei dieser Stellung am wenigst durchgebogen wird, Fig. 635. Selbstverständlich gilt dies alles auch, wenn nic die Stativstange, sondern etwa ein seitlicher Arm derselben drehbar sein soll[2]).

Fig. 635.



[1]) Einen drehbaren Tisch, um Apparate leicht von allen Seiten demonstrier zu können, beschreibt Doerbeck, Z. 6, 85, 1892. — [2]) Zu den Stativen gehören im Prinz auch die Gefäße. Es sei darauf hingewiesen, daß sehr große geblasene Glashohlkörp zu beziehen sind von Sievert u. Co., G. m. b. H., Dresden, Winkelmannstr. 1.

58. Brenner. Am häufigsten gebraucht wird der Bunsensche Brenner, Fig. 636 u. 637. Das Gas strömt aus einer kleinen Öffnung von etwa 1 mm Weite in eine 110 mm lange und 9 mm weite Röhre *ef*; diese hat bei der Ausflußöffnung mehrere Löcher, durch welche atmosphärische Luft eintritt. Wird der Druck an der Ausflußöffnung unter ein gewisses Maß vermindert, so schlägt die Flamme auf die Ausflußöffnung zurück und erhitzt den Brenner so, daß der Gasschlauch schmelzen

Fig. 636.

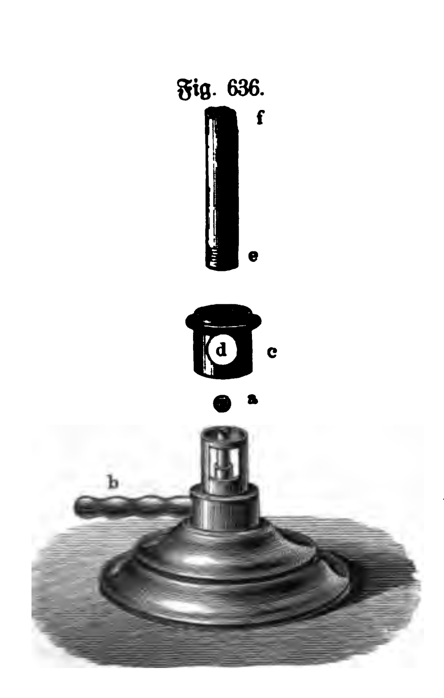
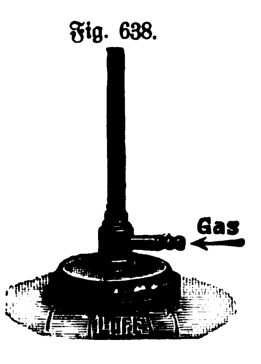


Fig. 637.



nd abfallen kann. Will man also klein brennen, so muß ich um die Zuglöcher ein drehbarer Ring *dc* mit eben solchen Öffnungen befinden, durch dessen Verschiebung man den Luftutritt regulieren, ja ganz abschließen kann, wo dann die Flamme an der oberen Öffnung leuchtend brennt.

Fig. 638.



Manche Bunsensche Brenner haben die Einrichtung, aß die Zuglöcher zugleich mit der Gasröhrenöffnung verngert werden. Bequem ist es, wenn der Brenner mittels weier unterhalb durchgehender Löcher an eine Gabel geteckt werden kann, die sich an einem Stative verstellen ißt, Fig. 601, S. 268.

Die meisten der in den Handel kommenden Brenner haben eine dreistrahlig ernförmige Ausströmungsöffnung, welche die Mischung von Gas und Luft beünstigen soll, was aber nach R. Muencke nicht der Fall ist. Im Gegenteil ist ine solche Form der Öffnung sehr unbequem, da, falls sie sich z. B. durch einetropfte geschmolzene Substanzen u. dergl. verstopft hat, die Reinigung sehr rschwert ist, während dagegen eine runde Öffnung mit einer feinen Reibahle leicht rieder frei gemacht werden kann.

Bei einer sehr zweckmäßigen neueren Form, Fig. 638, befinden sich die Aus-

strömungsöffnungen auf der Seite und das Rohr setzt sich mit gleichbleibender Weite durch den Fuß des Brenners fort, so daß hineingefallene Körperchen, Tropfen u. s. w. ohne weiteres unten wieder herausfallen [1]).

Ein anderer Übelstand der gewöhnlichen Brenner ist der, daß sich (ebenfalls infolge von Verunreinigungen) der drehbare Ring zum Verschließen der Luftöffnungen leicht festsetzt, ferner daß die Luftöffnungen nicht groß genug sind, um je nach Bedürfnis eine ruhige oder eine geräuschvolle Flamme zu erzeugen. Muencke ersetzt aus diesem Grunde die runden Luftlöcher durch lange Schlitze und bewirkt das Verkleinern oder Abschließen derselben entweder durch eine vertikal verschiebbare Hülse oder durch Herabschrauben der Brennerröhre durch eine am oberen Rande des Luftzuführungscylinders festgehaltene, um sich selbst drehbare Mutter (Fig. 640). (M, 2 bis 3.)

Desaga (A. Rodrian u. C. Beck) in Heidelberg liefert einen cylindrischen, am oberen Rande mit Löchern versehenen Aufsatz, nach Steiger (Z. **11**, **32**, **1898**), welcher statt des Schornsteins auf dem Triangel des Bunsenbrenners aufgesetzt werden kann, um darauf (unter Zwischenfügung eines Drahtnetzes) kleine Bechergläser u. dergl. zu erhitzen.

Stabiler ist der Universalgasbrenner von R. Muencke.' Die Brennerröhre ist gebogen. Der horizontale Teil bildet einen bequemen Griff. Auf den Fuß läßt sich ein Dreifuß aufsetzen, auf welchen dann Schalen, Drahtdreiecke mit Tiegeln, Sand- und Wasserbäder u. s. w. aufgesetzt werden können. Auf die Öffnung der Brennerröhre lassen sich verschiedene Mundstücke aufstecken, welche je nach Bedürfnis eine flache oder scheibenförmige Gasflamme erzeugen oder auch eine Drahtnetzkappe zur Erzeugung hoher Temperaturen und zum Verhindern des Zurückschlagens [2]) (Fig. 641).

Fig. 639.



Größere Wärmemengen werden durch die mehrfachen Bunsenbrenner erzeugt, welche nur Zusammenstellungen mehrerer einfacher Bunsenbrenner auf der gleichen Fußplatte sind (Fig. 643).

Praktischer, weil weniger kompliziert, sind die Masteschen oder Iserlohner Brenner mit doppeltem Luftzuge, Fig. 642 und 644. Der Luftzutritt für den inneren Zug geht durch die Ausschnitte im gußeisernen Fuße und im Zuleiter wird der Gaszufluß reguliert.

Man erhält dieselben auch mit Löchern zum Aufstecken an eine Gabel und von jeder Größe, auch mit dreifachem Luftzuge (zwei Brennringen).

Wird dem ausströmenden Gase sehr viel Luft zugeführt, so bildet sich in der Flamme ein hellleuchtender Kegel von sehr hoher Temperatur, die Flamme schlägt aber alsdann leicht zurück. Um dies zu verhindern, bedeckt man die Brenneröffnung mit Drahtnetz. Muencke verwendet hierzu zweckmäßig einen paraboloidisch geformten Aufsatz aus Drahtnetz, Fig. 645. Je mehr Luft zutritt, um so niedriger wird der helle Kegel, bis er sich schließlich der paraboloidischen Fläche ganz anschmiegt, d. h. in sehr viele kleine Kegel zerfällt, die den Poren des Drahtnetzes entsprechen. Die

[1]) Der Brenner Fig. 638 ist zu beziehen von Fr. Müller in Bonn. — [2]) Einen in ähnlicher Weise gebogenen Brenner mit Scharnier, Fig. 639, nach Dierbach (Z. **9**, **185**, 1896), liefern Kaehler und Martini in Berlin W., zu 7,50 Mk.; einen selbstzündenden Bunsenbrenner H. Süsse u. W. Schmidt in Kassel.

Lampe hat dann das Maximum ihrer Wirksamkeit erreicht und wird in dieser Form gebraucht, wenn es sich um Erzielung sehr hoher Temperaturen handelt,

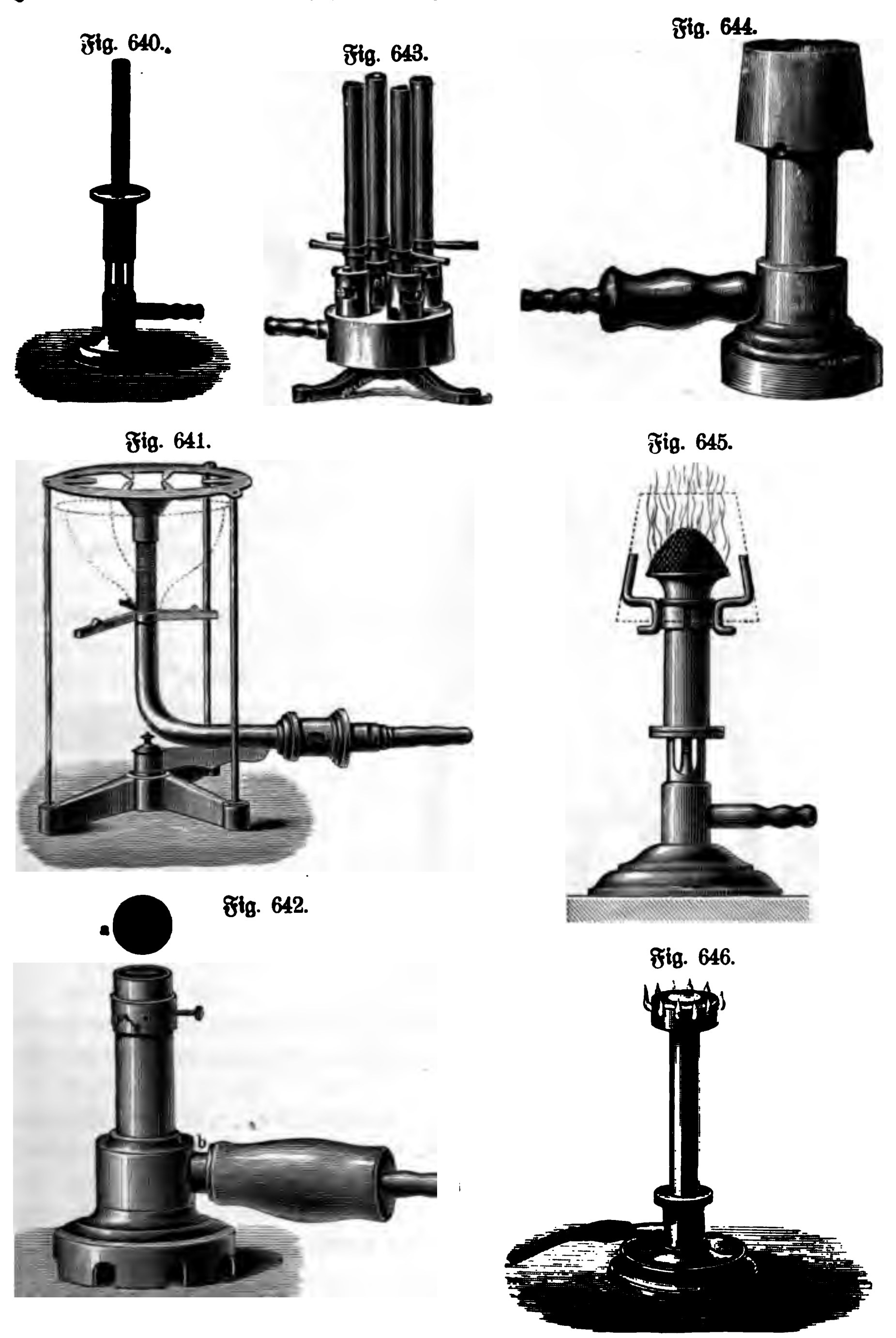


Fig. 640. Fig. 643. Fig. 644. Fig. 641. Fig. 645. Fig. 642. Fig. 646.

B für Glüh- und Schmelzversuche und zur Erzeugung von monochromatischem
cht. (M. 4,50 bis 7.)

Fig. 646 zeigt einen sogenannten **Kronenbrenner**, welcher besonders zum Abdampfen von Lösungen u. s. w. gebraucht wird.

Beim Erhitzen größerer Gefäße ist die nicht unbeträchtliche Höhe gewöhnlicher Brenner zuweilen lästig. Man hat deshalb für diesen Zweck besondere **Gaskochapparate** konstruiert, von denen in Fig. 647 und Fig. 648 zwei recht praktische Formen abgebildet sind. (M, 3 bis 15.) Die Brennerröhren sind geknickt und der horizontale, mit Holzgriff versehene Teil des Brenners erleichtert das Anfassen und Transportieren der Vorrichtung.

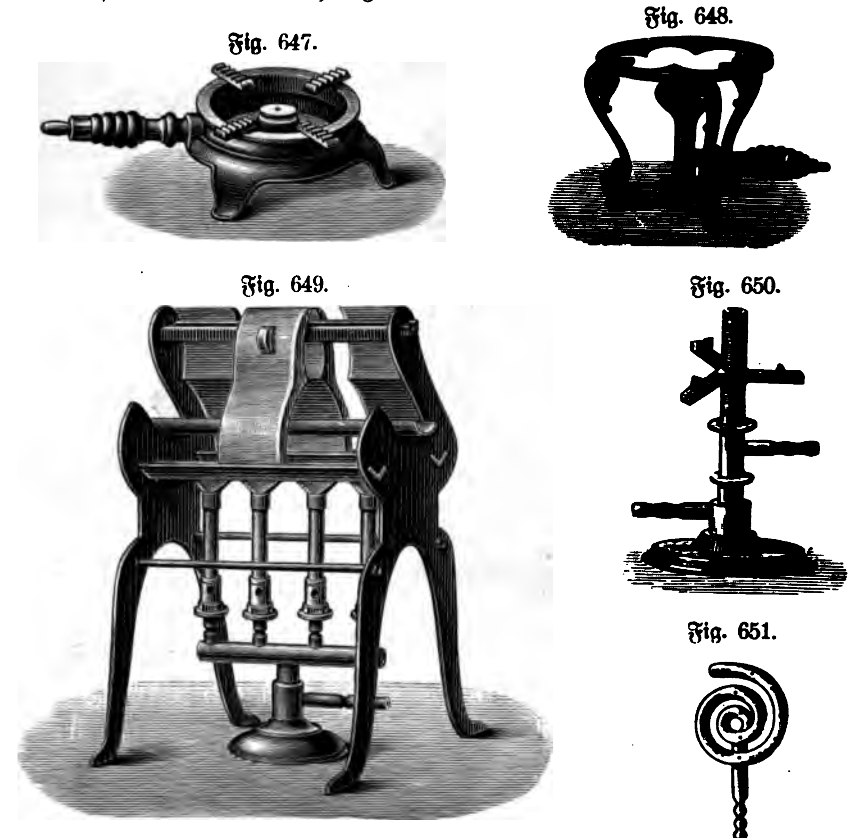


Fig. 647. Fig. 648.

Fig. 649. Fig. 650.

Fig. 651.

Die zu erhitzenden Gefäße setzt man, wenn sie aus Glas oder Porzellan bestehen, nicht unmittelbar auf die Flamme, sondern legt ein oder zwei Stücke Drahttuch unter.

Zum Erhitzen von Glasröhren dienen **Röhrenöfen**, z. B. der Ofen von **Winkler** für kurze Röhren (M, 30), Fig. 649 und der von **A. W. Hofmann** (M, 150 bis 220) für längere. Letzterer erzeugt eine sehr intensive Hitze. Das Gas brennt aus kleinen Öffnungen in Toncylindern, welche sich dabei zum intensiven Glühen erhitzen und glühende Holzkohlen imitieren, ohne aber, wie letztere, allmählich kleiner zu werden und Asche abzulagern. Die Öffnungen an den Cylindern dürfen nicht zu klein sein.

Kombinierte Gasbrenner. Zum Erhitzen von Tiegeln u. s. w. ist eine vertikal aufwärts gerichtete Gebläseflamme erwünscht, welche sich ebenso bequem handhaben läßt wie ein gewöhnlicher **Bunsen**scher Brenner. Man hat deshalb

auch Gebläsebrenner in dieser Form, Fig. 650 (M, 3,75 bis 4,50), konstruiert. Die untere Schlauchtülle dient zur Zuführung des Gases, die obere zur Zuführung der Gebläseluft.

Ist die von solchen Brennern erzeugte Hitze nicht ausreichend, so umgibt man den Tiegel mit Tonstücken oder Holzkohlestücken, welche einen Teil der Wärme aufnehmen und gegen den Tiegel zurückstrahlen, außerdem auch die Abkühlung der heißen Verbrennungsprodukte durch Berührung und Mischung mit der umgebenden kalten Luft hindern. Ist auch dies nicht zureichend, so muß entweder ein Gasschmelzofen[1]) oder eine Feldschmiede zu Hilfe genommen werden.

Schneckenbrenner. Sind größere Flächen zu erhitzen, so dienen hierzu schneckenförmig gebogene eiserne Röhren mit vielen kleinen Öffnungen, aus welchen das Gas ausströmt, Fig. 651. (M, 1,80 bis 10.) Zum Erhitzen von Röhren (z. B. Barometerröhren) beim Zusammenkitten großer Recipienten werden ähnlich konstruierte Brenner in Form geschlossener Ringe gebraucht. (M, 2,50 bis 3.)

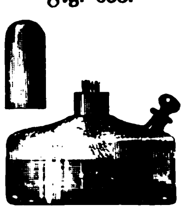
Fig. 652.



Mikrogaslampe. Zur Erwärmung kleiner Schälchen, mikroskopischer Präparate u. s. w., dienen kleine leuchtende Gasflammen, welche von einem Cylinder umgeben sind. Der zu erhitzende Gegenstand wird dann über dem Cylinder befestigt, so daß er nicht direkt von der Flamme berührt, sondern nur von den heißen Verbrennungsgasen umspült wird[2]), Fig. 652. (M, 3 bis ·, mit drei oder vier Flammen: 14,25 bis 24,00.)

Weingeistlampen. Wo man kein Gas hat, ist Weingeist das bequemste Brennmaterial für bewegliche Flammen. In der Regel verwendet man dazu gläserne Lampen mit aufgeschliffener Kapsel und seitlichem Einguß, Fig. 653. Allein der aufgeschliffene Deckel geht bald durch ungleiche Temperaturverhältnisse zugrunde und man muß dann eben in einem wohlausgesuchten großen Korke eine Öffnung machen, welche auf den Hals der Lampe gut paßt. Braucht man nicht gerade Feuer auf längere Zeit, so sind messingene[3]) Lampen mit aufgeschliffenem Deckel ganz zweckmäßig.

Fig. 653.



Jede Spirituslampe muß in der Scheibe der Dochthülle eine kleine Öffnung besitzen, aus welcher bei der Erwärmung die Luft austreten kann, da sonst der Spiritus herausgetrieben wird und überläuft. Der Docht muß dicht anschließen.

Braucht man stärkeres Feuer, so muß man Lampen mit doppeltem Luftzuge verwenden, wo dann der Weingeistbehälter einen seitlichen Stand erhält; solche Lampen sind nämlich von Blech und erhitzen sich sehr, wodurch Weingeist unnötig verdampft. Um dieses Verdampfen, während die Lampe nicht gebraucht wird, zu verhüten, erhält das Verbindungsrohr zwischen Weingeistbehälter und Brenner einen Hahn. Man kann eine gewöhnliche Argandsche Öllampe mit hohlem Docht ver-

[1]) Z. B. der Fletschersche Schmelzofen, zu beziehen von M. Wallachs Nachf. Kassel. Siehe bei „Gießen". — [2]) Zum Vorwärmen mikroskopischer Präparate benutze man einen mit Drahtnetz überdeckten Mikrogasbrenner, wie ihn R. Brünnée in Göttingen, Untere Maschstr. 26, liefert. — [3]) Spiritusgaskochapparate sind zu beziehen von der Zentrale für Spiritusverwertung, G. m. b. H., Berlin C., Friedrichstr. 96.

wenden; statt des Zugglases wird dann eine etwa 5 cm hohe Blechröhre aufgesetzt [1]), Fig. 654.

Für stärkere Wirkung scheint die Weingeistlampe von Lang besonders zweckmäßig. In den Deckel eines Blechgefäßes *A A*, Fig. 655, ist das Weingeistgefäß *B B* eingelötet, das eine ziemlich weite Öffnung *C C* hat. Als Brenner dient eine gezogene Messingröhre *D*, welche einerseits durch die Kappe *E* geschlossen ist, unter-

Fig. 654.

Fig. 656.

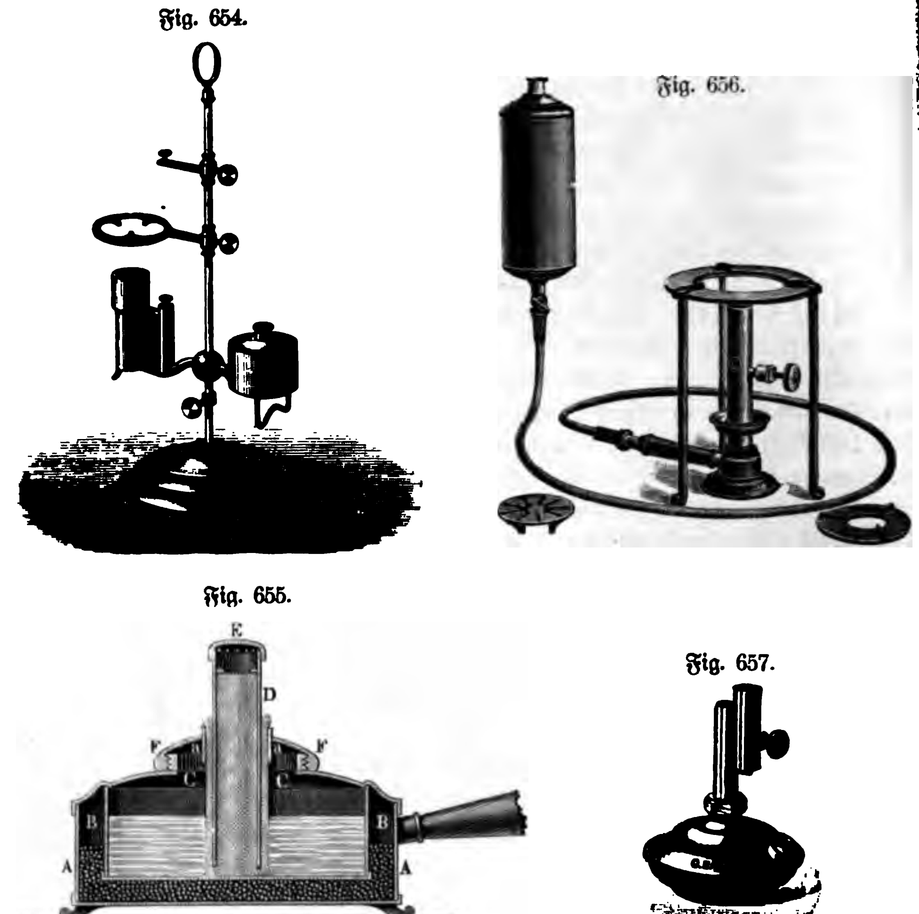


Fig. 655.

Fig. 657.

halb welcher sich eine Reihe kleiner Löcher befinden; in dieses Rohr wird ein voller Docht geschoben. Damit dieser nicht mehr als etwa 1 cm sich den Löchern nähere, ist in dem Rohre an gehöriger Stelle ein Ring angelötet. Die Öffnung *C C* besteht aus einem Messingringe mit Gewinde und auf dieses kann der Deckel *F F* geschraubt werden, in dessen Öffnung eine kurze Blechröhre *a a* eingelötet ist, welche gerade noch Raum für die Röhre *D* und den außen darauf gestreiften Docht hat. Das Aufschrauben geschieht, nachdem das Rohr durch den Deckel *F F* geschoben und der äußere Docht so geordnet ist, daß er noch 1 bis 2 mm über *F F* hervorsteht. Zündet man nun den äußeren Docht an, so wird der Weingeist im Rohre

[1]) Weißblech ist nicht wohl zu verwenden, da es außerordentlich schnell von Rost zerfressen wird, wenn auch nur die kleinste Stelle, nur eine Schnittfläche, unverzinnt bleibt.

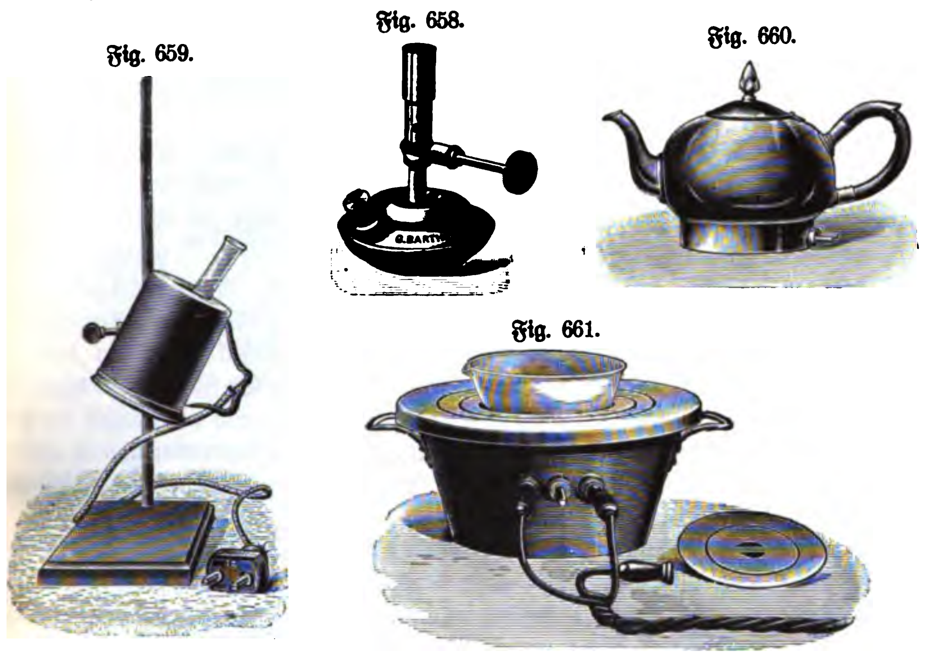
erhitzt und strömt als Dampf zu den Öffnungen desselben heraus, der sich entzündet. Man erhält dadurch eine breite, sehr wirksame Flamme, deren Stärke davon abhängt, wie weit der äußere Docht über den Deckel hervorragt. In den Zwischenraum zwischen beide Gefäße kommen grobe Schrote zur Vermehrung der Standfestigkeit. Wenn sich in dem Rohre *D* statt mehrerer Öffnungen nur eine solche — 2 mm weit — befindet, so kann man eine solche Lampe auch als Lötlampe gebrauchen.

Fig. 658.

Fig. 659.

Fig. 660.

Fig. 661.



Spirituslampen, welche Flammen nach Art eines Bunsenschen Brenners erzeugen, Fig. 656 ınd 657, wurden von G. Barthel n Niederpoyritz bei Dresden kontruiert [1]).

Petroleumätherlampen. ṫin anderes Ersatzmittel für Leuchtas ist ein Gemenge von Petroleumtherdampf mit Luft, welches man adurch erhält, daß man einen uftstrom durch einen mit einer orösen, mit Petroleumäther durchränkten Masse (Roßhaar) gefüllten ehälter hindurchleitet. Der Luft-

Fig. 662.

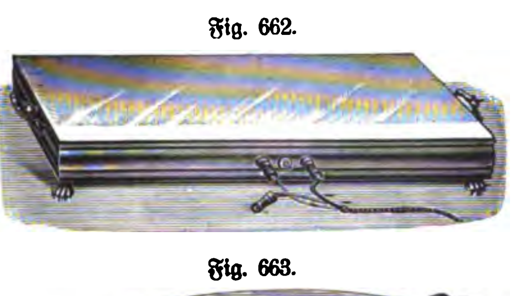


Fig. 663.



[1]) Dieselben sind zu beziehen von Franz Müller in Bonn. Sonnenthal jun., erlin, liefert eine Spirituslötlampe mit kräftiger horizontaler Stichflamme zu 5 bis 50 Mk. Über eine selbsttätige Spiritusgebläselampe zur Erzeugung von Temeraturen bis 1800° siehe Lehmbeck und Mecke, Chem. Centralbl. [2] 64, 1079, 1893.

strom kann durch einen niedersinkenden Glockengasometer, einen durch Uhrwerk betriebenen Blasebalg u. s. w. betrieben werden und in manchen kleinen Privatlaboratorien wird einzig mit so erzeugtem Gase gearbeitet. Die Bunsenbrenner müssen für solches indes etwas andere Dimensionen erhalten. Bei Anschaffung derselben muß man somit besonders bemerken, daß dieselben für Petroleumäthergas bestimmt sein sollen. Im Winter muß man den Behälter mit Petroleumäther, falls er sich nicht in geheiztem Raume befindet, in warmes Wasser stellen[1]).

Auch bei Gasgebläsen ist es zweckmäßig, die Gebläseluft vorher durch Petroleumäther zu leiten.

Einen direkt mit Benzin zu betreibenden Bunsenbrenner nach Barthel, Fig. 658, liefert Franz Müller in Bonn.

Als sehr bequem mögen endlich noch die elektrischen Heizapparate, Fig. 659, Erwähnung finden, die sich in manchen Fällen gerade für Vorlesungszwecke ihrer Einfachheit halber und der geringeren Feuersgefahr gut eignen mögen[2]).

59. Rohrverbindungen. a) Für geringen Druck. Gasschläuche sollten immer aus bestem Kautschuk, sogenanntem Paragummi oder schwarzem Patentgummi bestehen. Durch das Brüchigwerden kann nämlich leicht Unheil angerichtet werden, indem durch den Riß Gas ausströmt und sich an benachbarten Flammen entzündet.

Auch durch die unverletzte Wand diffundiert etwas Gas und namentlich werden die stark riechenden Bestandteile von dem Kautschuk innen aufgenommen und außen wieder abgegeben. Man hat den dadurch bedingten lästigen Geruch der Schläuche durch Firnissen zu beseitigen gesucht.

Vorrat an Kautschukschläuchen zu halten, ist nicht zu empfehlen, da sie (besonders durch Licht und Ozon, also auch durch harziges Holz und terpentinartige Stoffe) nach und nach steif und brüchig werden. Am besten halten sie sich in einer mit Wasser gefüllten und mit einem Deckel versehenen Blechschachtel.

Schläuche an Nägel anzuhängen, ist unzulässig, da sie auf diese Weise Knicke erhalten, die um so weniger wieder verschwinden, je länger sie in der geknickten Form aufgehängt waren. Man hängt sie am besten über ein halbrund zugeschnittenes Brett, wobei zugleich innen hängendes Wasser allmählich abtropfen kann. Schläuche, die im Winter steif geworden sind, kann man durch Einlegen in heißes Wasser wieder einigermaßen erweichen; sie erreichen indes ihre frühere Güte nicht mehr.

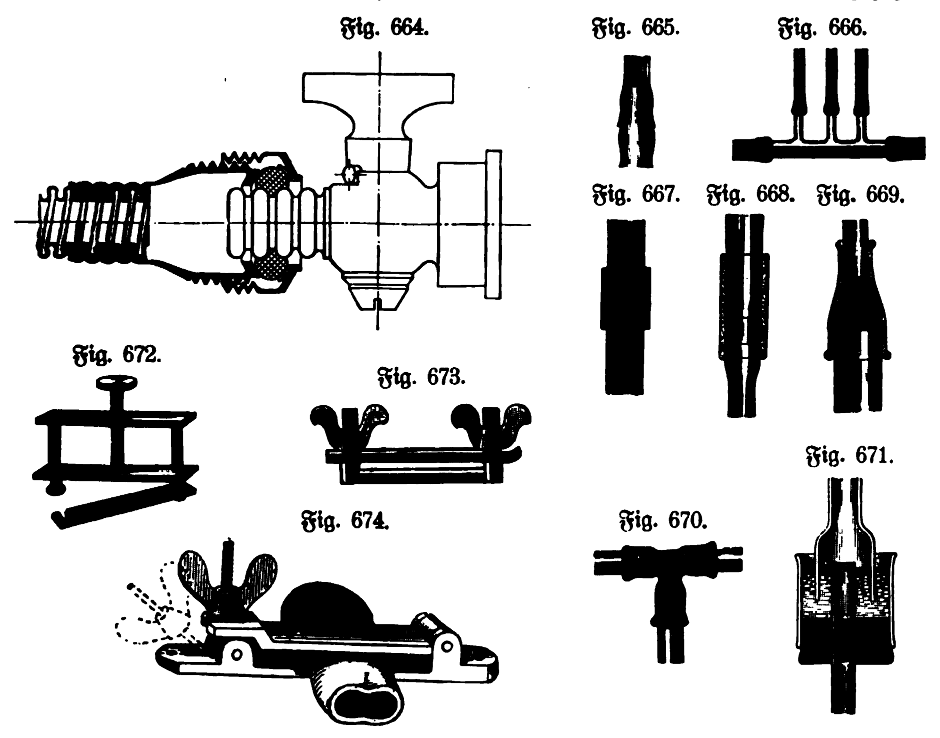
Haltbarer als Gasschläuche, namentlich zur Benutzung für Dampf, sollen die Davit-Schläuche sein[3]). Man hat auch versucht, statt der Kautschukschläuche Metallschläuche anzuwenden, bestehend aus einer mit Kautschuk oder dergleichen gedichteten Spirale aus dünnem Metallblech[4]). Sie sind leider nicht sehr haltbar.

[1]) Größere Gasolingasapparate liefert F. v. Richter, Berlin SW., Tempelhofer Ufer 8. — [2]) Fig. 660 zeigt eine Teekanne mit elektrischer Heizung, Fig. 661 ein Wasserbad, Fig. 662 eine Wärmeplatte zu beziehen von Prometheus, G. m. b. H., Frankfurt a. M.-Bockenheim. Andere Bezugsquellen sind: Ernst Kries, Ilmenau i. Thür.; W. Lang u. Cie., Düsseldorf; Warmbrunn, Quilitz u. Co., Berlin C., Rosenthalerstr. 40. Eine elektrische Wärmplatte nach Fig. 663 liefert Müller-Uri in Braunschweig zu 63 Mk. — [3]) Zu beziehen von Fritz Heede, Gummiwarenfabrik, Hannover-Münden; Franz Müller in Bonn u. a., das Kilogramm zu 12 Mk. — [4]) Solche Schläuche sind zu beziehen von Fr. Liebtreu Nachf. H. Pichler in Frankfurt a. M., bei 8 bis 12 mm Durchmesser zu 1,50 bis 2,20 (4,75) Mk. pro Meter; ferner von der Metallschlauchfabrik vorm. Hch. Witzenmann, Pforzheim; C. u. E. Frank, Frankfurt a. M., Speicherstr. 7 u. a.

Absolut dicht und unbegrenzt haltbar, aber wesentlich steifer, sind die biegsamen Metallröhren der Deutschen Waffen- und Munitionsfabriken in Karlsruhe (s. S. 23 u. 127).

Unbequem bei beiden Arten von Metallschläuchen ist, daß besondere mit Kautschuk ausgefütterte Endstücke erforderlich sind, welche plumpe Form haben und weit weniger schmiegsam sind als einfache Kautschukschläuche. Fig. 664 zeigt ein solches Endstück für die biegsamen Röhren der Karlsruher Fabrik.

Zur Herstellung längerer Leitungen aus Kautschukschlauch steckt man einzelne Stücke aneinander mittels Glasröhren, die man an beiden Enden etwas ausgezogen



hat, oder mit Messingrohrstücken. Die Enden der Verbindungsstücke werden abgerundet und mit Wülsten versehen, Fig. 665. Ebenso können durch T- und andere Verzweigungsstücke drei und mehr Schläuche verbunden werden, Fig. 666.

Häufig finden auch Glasröhren Anwendung, zu deren Verbindung kurze Kautschukschlauchstücke dienen, Fig. 667 und 668. Man muß also ausreichenden Vorrat an solchen Schlauchstücken haben.

Im Handel bekommt man auch verjüngte und verzweigte Stücke (Fig. 669 und 670), welche indes seltener gebraucht werden.

Bei weiteren Röhren, die man doch nicht gerade immer von vulkanisiertem Kautschuk vorrätig hat, könnte der Fall eintreten, daß dann, wenn man solche gebraucht, keine zu bekommen sind. Man hilft sich dann derart, daß man einen etwa 2 bis 3 cm breiten, etwas erwärmten Kautschukstreifen nur um die zu verbindenden Röhren wickelt und mit Bindfaden befestigt; er verwächst von selbst zu einer Röhre, falls er nicht vulkanisiert ist. Bei vulkanisiertem Gummi müßte man zähe Kautschuklösung, wie sie die Radfahrer benutzen, dazwischen bringen. Öfters

kann man sich auch in solchem Falle durch Wasser- oder Quecksilberverschlüsse, Fig. 671, helfen.

Zur Regulierung des Gaszuflusses können sogenannte Quetschhähne, Fig. 672 bis 674, dienen, welche sich leicht auf jeden Schlauch aufschieben lassen, indes bei längerem Verweilen an einer Stelle eine Einknickung verursachen. Eine Schlauchklemme, welche nur zu kurz dauerndem Öffnen des Schlauches bestimmt ist, zeigt Fig. 675.

Eine andere von Pflüger angegebene Schlauchklemme besteht aus zwei halbcylindrischen Holzstäbchen, welche an einem Ende durch ein Scharnier verbunden

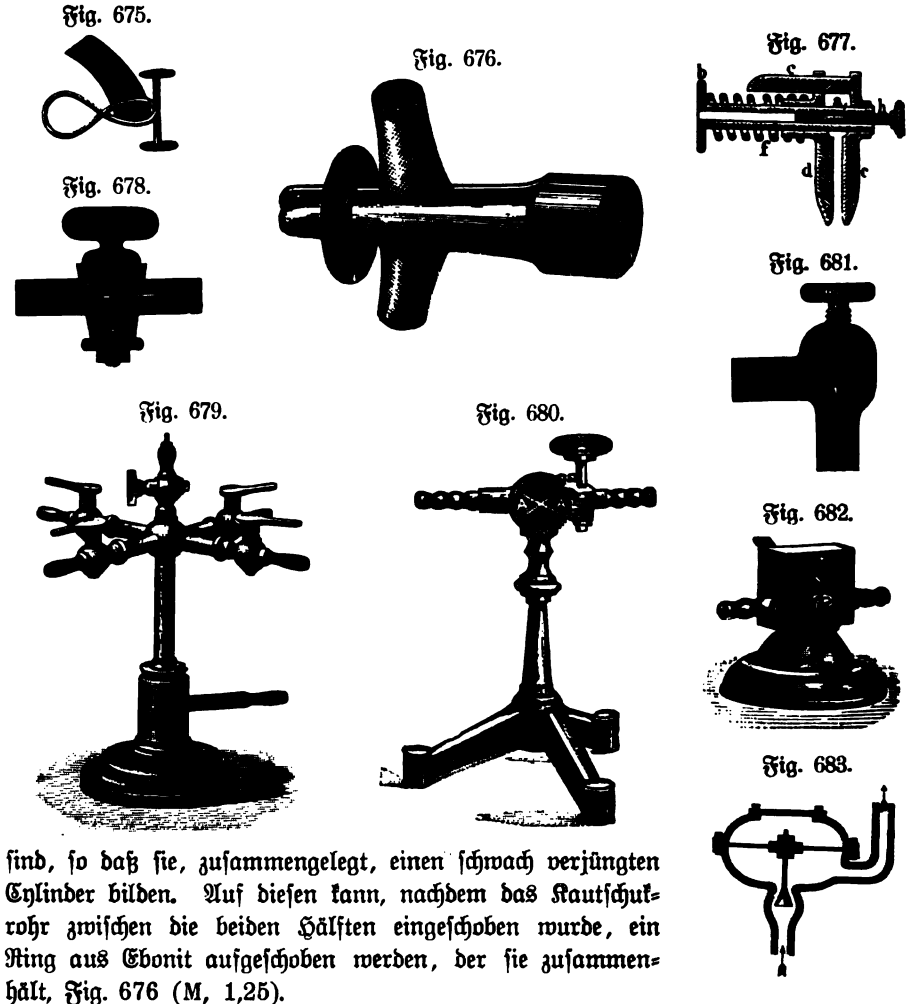


Fig. 675. Fig. 676. Fig. 677. Fig. 678. Fig. 681. Fig. 679. Fig. 680. Fig. 682. Fig. 683.

sind, so daß sie, zusammengelegt, einen schwach verjüngten Cylinder bilden. Auf diesen kann, nachdem das Kautschukrohr zwischen die beiden Hälften eingeschoben wurde, ein Ring aus Ebonit aufgeschoben werden, der sie zusammenhält, Fig. 676 (M, 1,25).

Eine bequeme Schlauchklemme, welche die Vorteile beider Systeme vereinigt, konstruiert von G. Ludwig (1887), ist in Fig. 677 dargestellt. Die beiden Klemmbacken *d* und *c* lassen sich leicht von der Seite her an den Schlauch ansetzen und werden durch die Feder *f* so weit zusammengeschoben, wie es die Regulierschraube *h* gestattet.

Eigentliche Hähne zum Verbinden von Kautschukschläuchen sind in den mannigfaltigsten Formen im Handel zu haben, so namentlich einfache Hähne, Dreiweg-

hähne und Vierweghähne. Als Material finden Verwendung Glas, Messing und Ebonit [1]).

Messingene Hähne mit einfachem, konischem Reiber (Fig. 678) müssen zeitweise, falls sie dicht schließen und leicht beweglich sein sollen, mit Talg oder Vaseline eingefettet werden. Für Glashähne dient zweckmäßig Lanolin (siehe bei Quecksilberarbeiten). Sehr bequem zur Verzweigung von Gasleitungen sind T= und Kreuzstücke mit Messinghähnen mit oder ohne Fuß, Fig. 679 (M, 5 bis 6). Präzisionshähne, Fig. 680, sind Hähne, deren Griff durch ein kleines Zahnrad gebildet wird, in welches eine Schraube ohne Ende eingreift. (M, 10.) Es sind sogenannte Schraubhähne [2]) (in Fig. 681 im Durchschnitt gezeichnet). Soll eine Flamme beim Zudrehen des Hahns nicht ganz auslöschen, so kann ein Hahn mit Nebenschluß nach Fig. 682 (K, 9) gebraucht werden.

Der Gasdruck in einer Gasleitung wechselt im Laufe eines Tages, je nach dem Konsum, sehr beträchtlich, besonders auch deshalb, weil zuzeiten geringen Konsums der Druck von Seiten der Gasanstalt vermindert wird, um die Gasverluste durch Undichtigkeiten der Leitung zu verkleinern. Soll also eine Gasflamme konstant brennen, so muß vor dieselbe ein Gasdruckregulator eingeschaltet werden, welcher nach dem in Fig. 683 dargestellten Prinzip konstruiert ist.

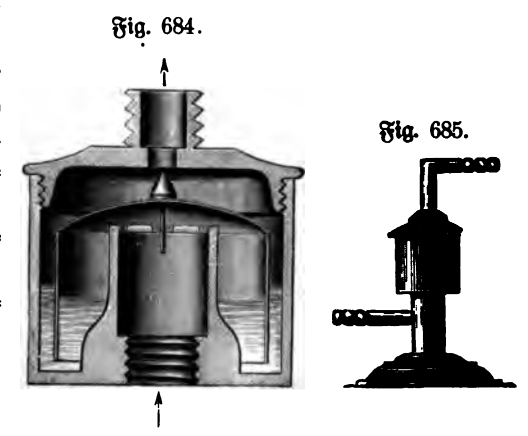


Fig. 684. Fig. 685.

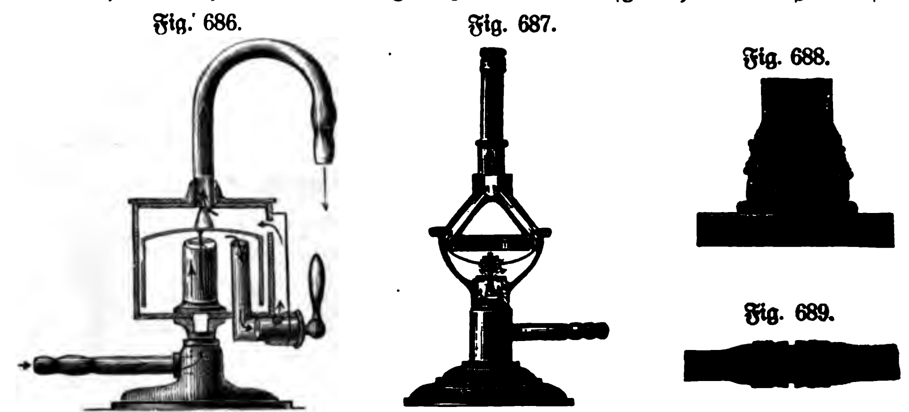
Tritt eine Verstärkung des Gasdrucks ein, so wird die schwarz gezeichnete Membran in dem kapselartigen Gefäß stärker nach oben gedrückt, hebt dadurch das an ihr befestigte Regelventil und hindert den Durchtritt des Gases zu dem Brenner. Solche Regulierventile sind in den verschiedensten Formen im Handel zu beziehen [3]) und nicht selten an den Brennern selbst angebracht.

Einen kleinen derartigen Regulator (nach Girond 1874), mit Glycerin= oder Mandelölfüllung für 10 bis 250 Liter Gas pro Stunde berechnet und so vorgerichtet, daß er zwischen Fuß und Brenner einer Gaslampe eingeschaltet werden kann, zeigt Fig. 684 in natürlicher Größe. Das Gas strömt von unten in der Richtung des Pfeils ein und hebt die Gasometerglocke. Durch einige in dieser angebrachte Öffnungen entweicht so viel Gas, als zum Brennen der Lampe nötig ist; da indes von unten her das Gas ungehinderten Zutritt hat, so wird dadurch der Stand der Glocke nicht verändert. Wohl aber ändert sich derselbe, wenn der Gasdruck steigt. Die Glocke verschiebt sich dann nach oben und der daran befestigte konische Zapfen tritt in die Leitung zum Brenner ein und verengt dieselbe derart,

[1]) Die Preise sind bei Muencke: Glashähne einfach: 1 bis 15 (Bohrung von 1 bis 15 mm), Dreiweghähne 2,75, Vierweghähne 2,50 bis 5 Mk. Hähne von Hartgummi 1,50 bis 3,00, Hähne von Messing 2 bis 6 Mk. — [2]) Über einen Regulierhahn für Leuchtgas siehe Schwirkus, Deutsche Mechaniker=Zeitung 1898, S. 25. — [3]) Z. B. von Simonis und Lanz, Sachsenhausen=Frankfurt a. M. (Gasdruckregulatoren); Johannes Fleischer, Frankfurt a. M. (Gasdruckregler).

daß troß des verstärkten Gasdrucks nicht mehr Gas ausströmt als zuvor. (M, 5.) Fig. 685 zeigt denselben Apparat für sich allein auf einem Fuß, so daß er an einer beliebigen Stelle in die Gasleitung eingesetzt werden kann. (M, 6,50.) Fig. 686 zeigt einen ähnlichen Apparat von H. Schiff (1885), bei welchem der Gasdruck sich durch Drehen des Hahns auf der rechten Seite, d. h. durch Verengung der Ausströmungsöffnung, regulieren läßt. (M, 10 bis 19.) Bei Moitessiers Regulator kann die Glocke mittels einer darauf angebrachten Wagschale belastet und dadurch der Gasdruck verstärkt werden. Zum Messen des Druckes des ein- und austretenden Gases sind zwei Manometer angebracht. (M, 30.)

Häufig gebraucht man auch an Stelle der Gasometerglocke eine elastische Membran, so daß das Instrument an die Konstruktion eines Aneroidbarometers erinnert, so z. B. bei dem für eine einfache Gaslampe bestimmten Regulator von Tieftrank (1875), Fig. 687, (M, 10 mit Brenner) und bei dem Regulator von Elster, bei welchem durch einen einarmigen Hebel mit Laufgewicht der außen auf der


Fig. 686. Fig. 687. Fig. 688. Fig. 689.

Membran lastende Druck verstärkt werden kann. (M, 30.) Ein ähnlicher Apparat, für 10 bis 200 Gasflammen berechnet, ist beispielsweise der Regulator von Ramsberger (Wien, VII, Breitegasse 4, Preis 35 bis 220 fl.).

Auch ein Glockengasometer oder ein Gassack, der sich bei Überdruck entgegen der darauf gelegten Belastung füllt und dabei durch geeignete Hebelübertragung den Hahn der Gasleitung weiter zudreht, kann zu gleichem Zwecke dienen. Man ist im stande, mittels eines solchen Reduzierventils den Druck von mehreren Atmosphären auf wenige Millimeter Quecksilber konstant zu erniedrigen, was z. B. in Betracht kommt, wenn Gas an einem Orte benutzt werden soll, wo keine Gasleitung vorhanden ist. Man kann nämlich mittels einer sogenannten Bierpressionspumpe einen dazu passenden (Bierpressions-) Kessel mit Gas füllen, nachdem man ihn zuvor evakuiert oder die Luft mit Gas ausgetrieben hat und dann das Reduzierventil damit in Verbindung bringen.

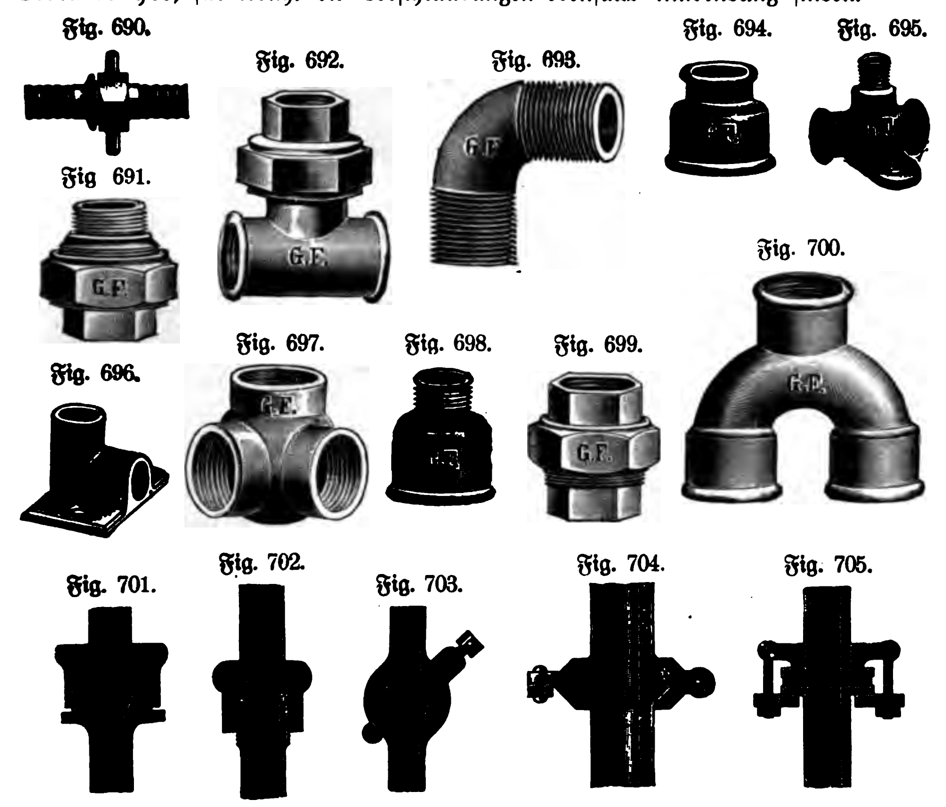
b) Bei großem Druck. Zur Herstellung der Verbindung zwischen Wasserleitung und Apparaten können gewöhnliche Kautschukschläuche nur dann dienen, wenn der Druck ein sehr geringer ist; man gebraucht vielmehr meistens Schläuche mit Leinwandeinlage, welche bis etwa acht Atmosphären Druck auszuhalten vermögen und an den Enden mit passenden, durch Anbinden mit weichem Kupferdraht befestigten Verschraubungen (Fig. 688) versehen werden, welche zu den Verschraubungen an den Wasserhähnen, Gefäßen u. s. w. passen (Fig. 688).

Zur Verbindung zweier Schläuche dienen Messing- oder Eisenrohrstücke mit Wülsten (Fig. 689), an welche die Schläuche festgebunden werden.

Soll die Verbindung lösbar sein, so werden Verschraubungen (Fig. 690) benutzt.

Die am häufigsten gebrauchte ist die Konusverbindung (Fig. 701) oder die Verbindung mit Kautschuk- oder Lederdichtungsring (Fig. 702). Einige andere Formen zeigen die Fig. 703, 704 und 705. Die letztere stellt eine leicht lösbare Flanschenverbindung dar. Die erforderliche Gummidichtungsplatte bestreicht man vor dem Auflegen mit Kreide oder Graphit, um Anhaften zu vermeiden[1].

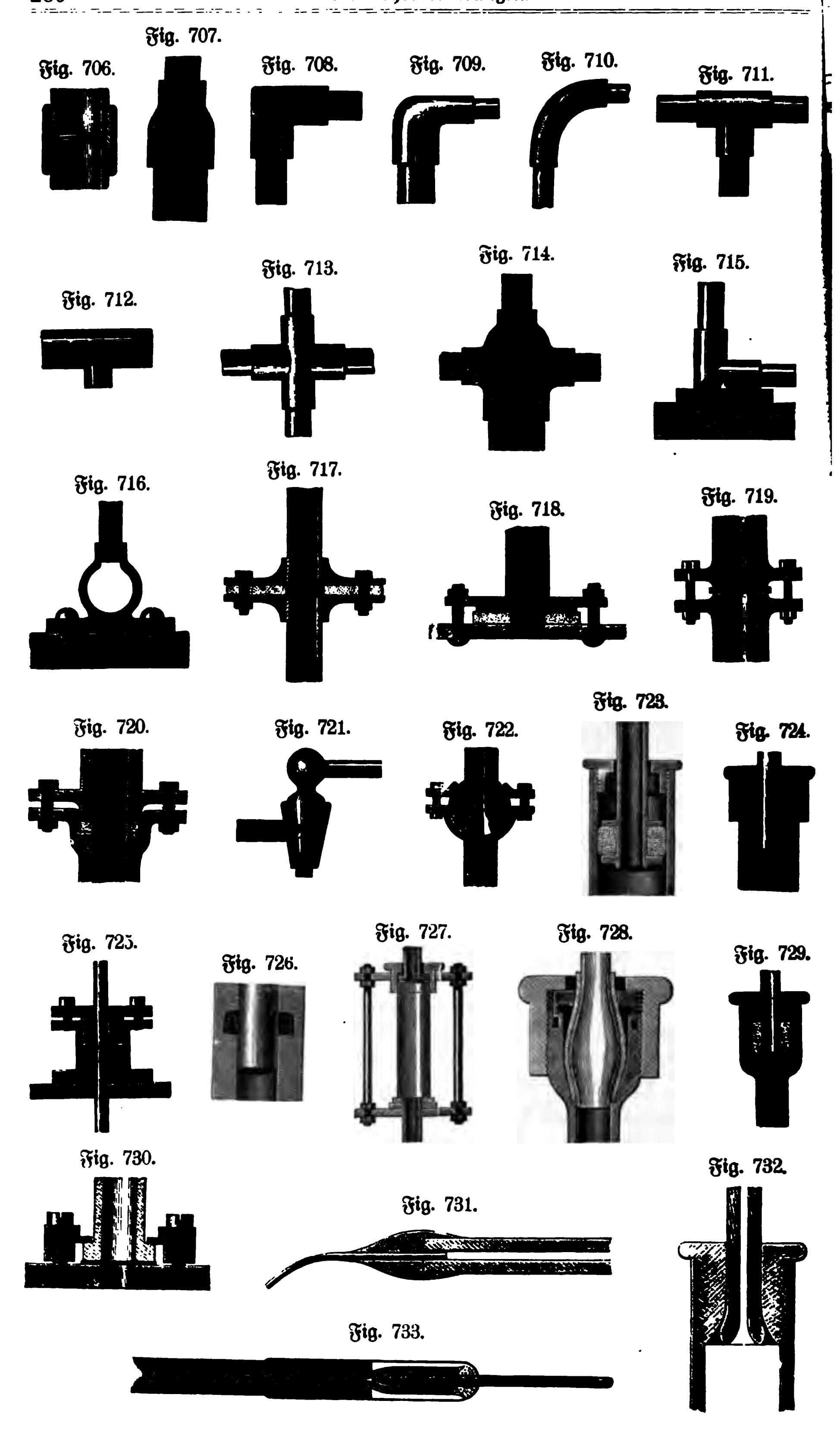
Zweckmäßiger als Kautschukschläuche sind die schon oben erwähnten biegsamen Metallrohre, für welche die Verschraubungen ebenfalls Anwendung finden.


Fig. 690. Fig. 691. Fig. 692. Fig. 693. Fig. 694. Fig. 695. Fig. 696. Fig. 697. Fig. 698. Fig. 699. Fig. 700. Fig. 701. Fig. 702. Fig. 703. Fig. 704. Fig. 705.

Zur Herstellung von Verbindungen und Abzweigungen muß also in allen Fällen genügender Vorrat von Verbindungsstücken vorhanden sein in Form von Muffen, T- und Kreuzstücken mit oder ohne Hahn und mit gleichen oder entgegengesetzten Verschraubungsteilen an den Enden. Ebenso müssen verschiedene Verbindungs- und Zwischenstücke zur Befestigung an den Endstücken der weiten Standröhren zur Verfügung stehen.

Alle diese Verbindungsteile werden wohl geordnet an einem Wandbrett aufgehängt, um jederzeit zum Gebrauch bereit zu sein. Desgleichen die verschiedenen Standröhren und Hahnstücke.

[1]) Friedrich Goetze, Burscheid, liefert Dichtungsringe aus Kupfer mit Asbesteinlage; M. M. Bach, Charlottenburg, Leibnizstr. 28, Metalldichtungsringe mit Graphitfüllung für Stopfbüchsen für höchsten hydraulischen Druck und überhitzten Dampf bis 360° C.


Fig. 706.
Fig. 707.
Fig. 708.
Fig. 709.
Fig. 710.
Fig. 711.
Fig. 712.
Fig. 713.
Fig. 714.
Fig. 715.
Fig. 716.
Fig. 717.
Fig. 718.
Fig. 719.
Fig. 720.
Fig. 721.
Fig. 722.
Fig. 723.
Fig. 724.
Fig. 725.
Fig. 726.
Fig. 727.
Fig. 728.
Fig. 729.
Fig. 730.
Fig. 731.
Fig. 732.
Fig. 733.

Verschraubungen können auch dann benutzt werden, wenn es sich darum handelt, rasch eine Verlängerung an einer vorhandenen Leitung anzubringen. Besteht diese aus Bleiröhren, so werden sie eingelötet, in Eisenröhren eingeschraubt.

Braucht die Verbindung nicht leicht lösbar zu sein, so benutzt man am einfachsten die im Handel in den verschiedensten Formen zu beziehenden Muffen, in welche die Röhren, wie die Fig. 706, 707, 708, 709, 710, 711, 712, 713, 714, 715 und 716 zeigen, einfach eingeschraubt werden, nachdem man um die Gewindgänge etwas mit Mennigekitt bestrichenen Hanf gelegt hat[1]). Soll die Verbindung auch gegen seitliche Kräfte gesichert sein, so verwendet man die in den Fig. 717, 718, 719 und 720 dargestellten Flanschenverbindungen, von welchen die letzteren beiden speziell dann notwendig sind, wenn die Dichtung auch großem Druck widerstehen soll. Als Dichtungen benutzt man Kautschuk mit Einlage, Leder mit Talg, Hanf mit Mennigekitt, Blei mit Mennigekitt und leinölgetränkte Asbestpappe, event. mit Drahteinlage.

Soll die Verbindung beweglich sein, so kann man Gelenkverbindungen verwenden, wie sie in den Fig. 721 und 722 skizziert sind.

Auszugröhren erfordern Kolbendichtung, wie Fig. 723, oder Stopfbüchsen, wie solche die Fig. 724, 725 und 726 zeigen. Fig. 726 stellt eine Stopfbüchse mit Ledermanschette dar, welche dann geeignet und erforderlich ist, wenn die Verbindung sehr hohem Druck widerstehen soll.

Die Fig. 727, 728, 729 und 730 stellen lösbare Verbindungen von Metallröhren mit Glasröhren dar. Zur Dichtung dient Kautschuk oder bei höherer Temperatur Asbest.

Die schwarze Scheibe bei Fig. 729 ist eine Bleischeibe, um Beschädigung des Glasrandes zu verhindern.

Zur festen Verbindung wird das Glasrohr, falls es nicht weit ist, in das Metallrohr so eingeschliffen, daß es durch den Druck stärker eingepreßt wird und mit Marienleim gedichtet (Fig. 732). Kapillaren kann man mit Einschmelzglas an Platinkapillaren anschmelzen, Fig. 731.

60. Elektrische Verbindungen. a) Leitungsschnüre und Klemmen. Zur Herstellung der Verbindung zwischen den Steckkontakten der Verteilungsleitungen und den zu gebrauchenden Apparaten dienen umklöppelte Leitungsschnüre, welche Ströme bis etwa 40 Amp. aushalten können; außerdem solche, die für etwa 100 bis 200 Amp. ausreichen. Man muß verschiedene Längen, wohl geordnet im Vorbereitungszimmer an Haken aufgehängt, vorrätig halten, um sofort die erforderlichen herausfinden und sie nach gemachtem Gebrauche ohne Zeitverlust an ihren Platz zurückbringen zu können. Am einen Ende sind die Leitungsschnüre in einen messingenen (event. mit isolierendem Griff versehenen) Stöpsel eingelötet, welcher in die konischen Löcher der Verteilungsleitungen paßt, am anderen Ende besitzen die meisten einen etwa 5 cm langen, 1 bis 2 mm dicken, biegsamen Stift aus Kupferdraht, sowie eine an diesen angelötete kurze Schutzkappe aus dünnem Messingrohr, welche das mit feinem Draht angebundene Ende der Umklöppelung bedeckt[2]). Derartige Schnüre, sowie auch solche mit Stiften an beiden Enden, sind namentlich

[1]) Solche Fittings liefert G. Fischer, Eisen- und Stahlwerke, A.-G., Singen (Baden). — [2]) Fig. 733 zeigt die von mir benutzte Art der Befestigung des Stifts. Eine ähnliche wird von M. Kohl in Chemnitz verwendet.

bei Benutzung der älteren Apparate erforderlich. Neue Apparate lasse ich tunlichst, statt mit Klemmschrauben, mit Stöpselkontakten versehen, so daß beide Enden der Leitungsschnüre in gleicher Weise mit Stöpseln versehen werden können. Reicht die Länge einer solchen Leitungsschnur nicht aus, so kann man mittels einer beiderseits ausgebohrten Muffe mit Quergriff zum Festhalten (Fig. 734) eine zweite und event. eine dritte anstecken. Derartige Muffen in T- und Kreuzform ermöglichen auch, die öfters nötigen Abzweigungen vorzunehmen, ähnlich wie die T- und Kreuzstücke bei Verbindung von Kautschukschläuchen [1]).

Außer den Leitungsschnüren werden zuweilen auch dünne umsponnene oder mit Guttapercha überzogene Drähte benutzt, wobei dann in die Stöpsellöcher

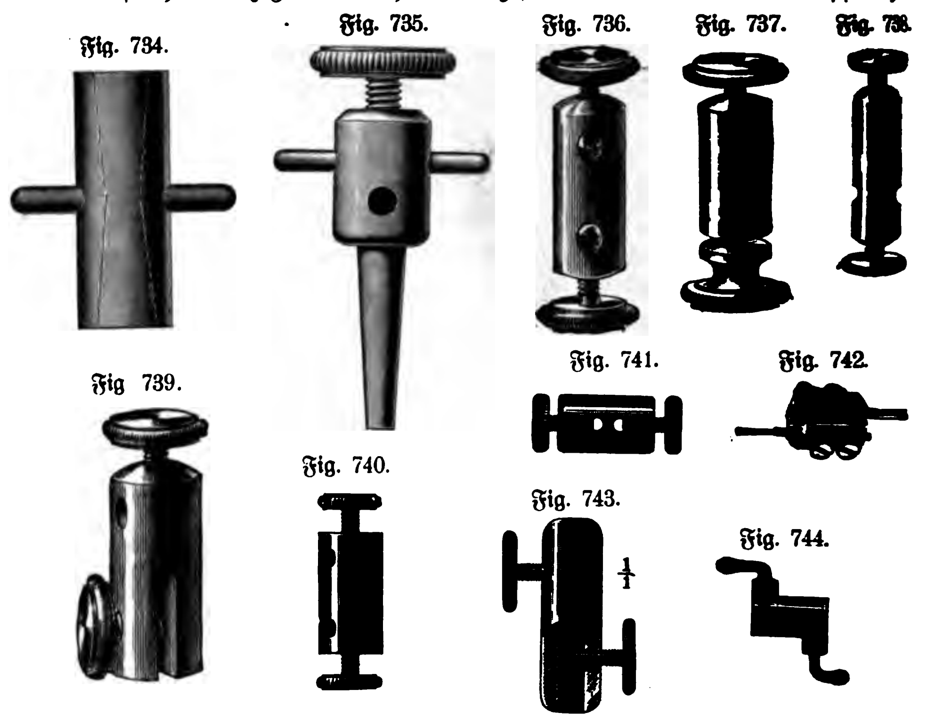


Fig. 734. Fig. 735. Fig. 736. Fig. 737. Fig. 738. Fig 739. Fig. 740. Fig. 741. Fig. 742. Fig. 743. Fig. 744.

Steckklemmen (Fig. 735) eingesetzt werden. Zur Verbindung solcher Drähte untereinander oder mit Blechstreifen oder größeren Körpern dienen die verschiedenartigen Klemmschrauben, wie solche in den Fig. 736 bis 744 (Lb) dargestellt sind.

Von jeder Sorte hat man einige Stück nötig. Bei allen muß man auf dicke und gut gearbeitete Schrauben sehen, die ein nur mäßig feines, aber tiefes Gewinde haben, damit sie nicht sobald tot werden. Statt der flachen Köpfe mit randeriertem Rande kann der Draht, aus welchem die Schraube geschnitten wurde, auch nur einfach zum Ringe umgebogen werden oder zu einem Winkel, wie bei Fig. 744.

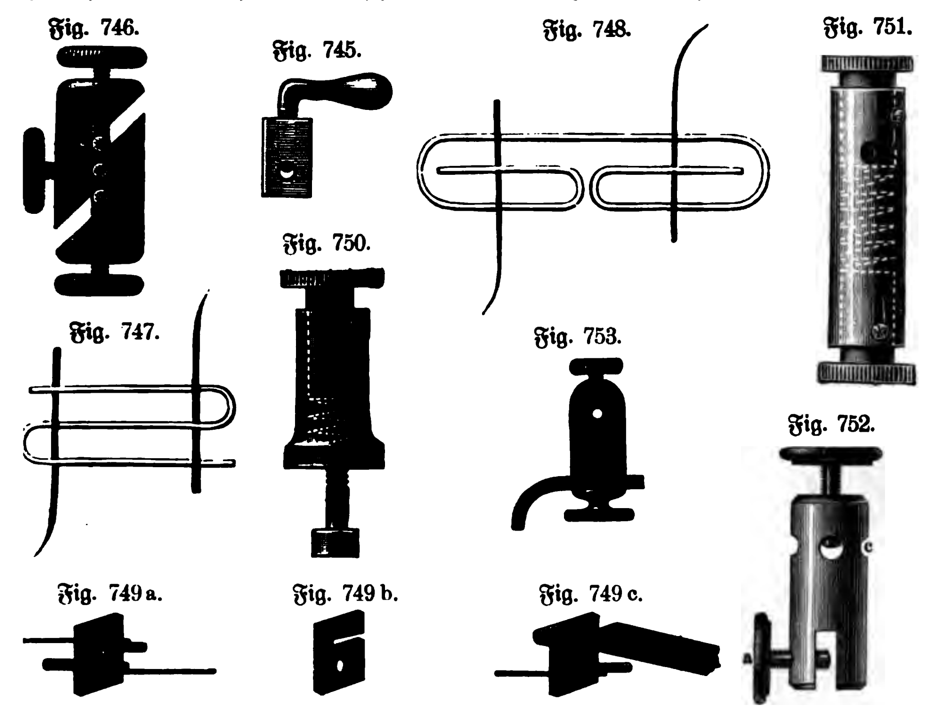
Die Löcher müssen gehörig weit gebohrt werden, um auch dicke Drähte aufnehmen zu können. Das Loch für das Gewinde der Schraube darf nicht über die

---

[1]) Leitungsschnüre können in verschiedenster Ausführung bezogen werden, z. B. von Dr. Cassirer u. Co., Charlottenburg-Berlin; Ariadne, Fabrik isolierter Drähte, G. m. b. H., Charlottenburg-Berlin, Wilmersdorferstr. 39; W. und A. Naumann, Berlin S., Luisenufer 11; Schacherer, Telegraphenfabrik, Mannheim; Obermayer, Nürnberg; Deutsche Kabelwerke, A.-G., Berlin-Rummelsburg u. s. w.

reuzungsstelle weggehen, da sonst dünne Drähte immer in diese Vertiefung ineingepreßt werden, wodurch sie krumm werden, ungern herausgehen und zuletzt uch spröde werden und abbrechen [1]).

Die Form Fig. 746 eignet sich besonders dann, wenn mitten von einer Drahtitung ein Strom abgezweigt werden soll, da sie sich seitlich ansetzen läßt. Die lemme, Fig. 742 (zu beziehen von Siemens und Halske in Berlin) ermögcht, sehr starke Drähte von verschiedener Dicke einzuklemmen [2]).


Fig. 746. Fig. 745. Fig. 748. Fig. 751. Fig. 750. Fig. 747. Fig. 753. Fig. 752. Fig. 749 a. Fig. 749 b. Fig. 749 c.

Für dünne steife Drähte, und wenn es nicht auf guten Kontakt ankommt, nnen die Nörrembergschen federnden Klemmen (Fig. 747 und 748) gebraucht erden. Sie werden aus etwa $1^1/_2$ bis 2 mm dickem, hartgezogenem, recht reinem rahte gebogen, wozu sich am besten versilberter Kupferdraht eignet.

Eine andere sehr einfache Verbindungsweise von Zipmann zeigen die Fig. 749 a, und c, wo die Drähte oder Bleche mittels kleiner Holzpflöcke in Löcher oder chlitze von Messingblechen befestigt sind.

De Combettes empfiehlt Klemmen, bei welchen der Druck nicht durch eine chraube, sondern durch eine Spiralfeder erzeugt wird (Fig. 750 und 751, E, bis 1,25), doch dürfte der durch die Feder ausgeübte Druck nicht in allen Fällen nügend sein. Eine sehr einfache federnde Klemme, welche aber erfordert, daß e Drahtenden zu Ösen gebogen sind, liefert L. Ochse in Köln.

Um Bleche an Drähte zu schrauben, schneidet man von dickem Messingdraht

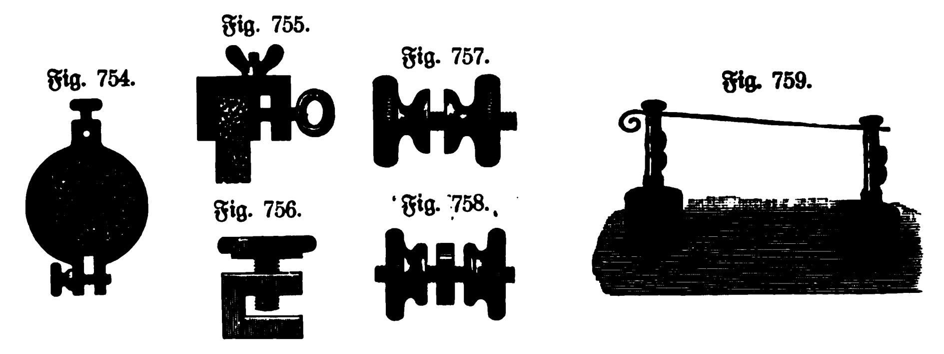
[1]) Telegraphen-Taschenmesser mit Schraubenzieher, Stellstift u. s. w. liefert Carl Linder, Weyer bei Solingen. — [2]) Eine große Auswahl von Klemmschrauben liefern B. Leybolds Nachf., Köln; Keiser und Schmidt, Berlin N., Johannisstr. 20; Sponholz und Wrede, Berlin N., Pankstr. 22; Magney und Plunge, Iserlohn; Neuhaus u. Co., Luckenwalde; F. Butzke, Berlin S., Brandenburgerstr. 75 u. s. w.

ein Stück von etwa 3 bis 4 cm herunter und arbeitet es wie Fig. 752. Die Schraube *a* faßt das Blech und die Schraube *b* den in eines der rechtwinklig einander durchschneidenden Löcher *c* gesteckten Draht. Fig. 753 zeigt eine andere Klemme zu gleichem Zwecke. Die Fig. 754 und 755 stellen Klemmen zur Verbindung von Draht und Kohlestäben dar.

Um Blech an Bleche zu schrauben, dienen ganz einfach eiserne Klemmen von der Form und Größe wie Fig. 756 oder Klemmen wie Fig. 757 und 758.

Für manche Versuche sind die von W. Holtz empfohlenen Klemmschrauben mit schwerem Fuß, „Fußklemmen", Fig. 759[1]), recht brauchbar.

Die Drahtenden, welche in die Klemmschrauben kommen sollen, reinigt man gewöhnlich vorher mit der Feile oder mit dem Schaber. Die Schrauben sind stets sehr fest anzuziehen, besonders wenn es sich um Messungen handelt, wo nur dadurch eine gleichförmige Verbindung erreicht werden kann. Man bemerkt die Wirkung des Anziehens sehr auffallend, wenn Meßapparate eingeschaltet sind. Gerade deswegen dürfen auch die Schraubenköpfe nicht zu klein sein.


Fig. 754. Fig. 755. Fig. 756. Fig. 757. Fig. 758. Fig. 759.

Früher pflegte man wohl auch Leitungsdrähte einfach ineinander zu haken, miteinander zu verdrehen oder durch Eintauchen in Quecksilbernäpfe zu verbinden. Heute wendet man solche unzuverlässigen oder die Enden der Leitungsdrähte schädigenden Verbindungsarten (ebenso wie Drähte überhaupt) nur noch im Notfall an. Quecksilbernäpfe werden nur gebraucht, wenn die Verbindung eine besonders innige sein soll, was natürlich voraussetzt, daß die Enden der Leitungsdrähte amalgamiert sind. Dies geschieht, indem man die Teile mit etwas Salpetersäure bestreicht, dann in Quecksilber taucht und durch Reiben mit Fliespapier letzteres darauf ausbreitet.

Man macht die Näpfe einfach so, daß man in ein Stückchen Holz von etwa 9 bis 10 qcm Fläche mit dem Zentrumbohrer ein Loch von etwa 1 cm Tiefe und 1 cm Durchmesser bohrt; man kann das Loch mit Siegellack firnissen, was aber nicht notwendig ist. Gut ist es, wenn das Näpfchen im Grunde noch zwei nicht tiefe Löcher von etwa 2 mm Weite hat, um die Drahtenden einstecken zu können; statt dieser Löcher kann man auch zwei Haften aus Eisendraht in den Boden oder die Seitenwand schlagen und die Enden der Leitungsdrähte hineinstecken. Wo es angeht, ist es viel besser, gewöhnliche eiserne Fingerhüte zu kaufen und sie in das

---

[1]) F. Ernecke, Berlin, liefert solche zum Preise von 4 Mk.; ebenso Leybolds Nachf. Köln nach Fig. 759. Verschiedenartige Klemmen liefern ferner Keiser u. Schmidt, Berlin N., Johannisstr. 20.

Holz einzustecken; es ist dies besonders dann der Fall, wenn, wie es öfter vorkommt, mehrere Näpfe in demselben Brette nötig sind. Man kann nämlich dann jeden Napf für sich herausnehmen und entleeren, wobei man kein Quecksilber verschüttet, da es nicht immer möglich ist, alle anderen Näpfe außer dem zu entleerenden gehörig mit den Fingern zu verschließen. Dieser unvermeidliche direkte Verlust an Quecksilber, sowie der indirekte durch Verunreinigung mit dem eingetauchten Metalle und das Amalgamieren der Drahtenden macht die Quecksilbernäpfe teurer als die Klemmschrauben, welche doch nur einmal Kosten verursachen und dann noch den Vorteil haben, daß die zusammengeschraubten Teile als Ganzes beweglich bleiben, und man auch nicht nötig hat, die zu vereinigenden Metalle vorher zu amalgamieren.

b) Ausschalter. Dieselbe Rolle, welche bei Wasser- und Gasleitung die Reiber- und Ventilhähne spielen, kommt bei der elektrischen Leitung den Ausschaltern und Rheostaten zu. Und sowie dort einerseits die großen durch Stockschlüssel unterhalb der elektrischen Schaltbretter zu betätigenden Hähne, außerdem aber kleinere an den Endstücken der Leitung oder an den Apparaten Verwendung finden, so genügen auch zur Regulierung und Abstellung elektrischer Ströme nicht immer die großen besprochenen Schaltvorrichtungen am Schaltbrett, sondern es finden auch kleinere Anwendung, welche an den Wänden, auf dem Experimentiertisch oder den Apparaten befestigt oder irgendwo in die Leitungen eingeschaltet sein können (Fig. 762, 765 und 764).

Fig. 760.

Fig. 761.

Sehr bequem sind z. B. die für Beleuchtungsanlagen gebräuchlichen Dosenausschalter mit Schnappmechanismus, welche durch die Wirkung einer aufschnellenden Feder den Strom sehr rasch unterbrechen, so daß kein Lichtbogen zu stande kommen kann. Der Funke entsteht zudem an einer Stelle, wo im Ruhezustande kein Kontakt ist, so daß die eigentlichen Kontaktflächen sich nicht oxydieren. Durch das jeweils eintretende Gleiten der Kontaktflächen übereinander wird bewirkt, daß diese sich selbst blank erhalten. Das Ganze ist in ein Gehäuse aus Blech eingeschlossen[1]).

Zu physikalischen Zwecken wurde früher häufig der Stromschlüssel von Du Bois-Reymond, Fig. 761 gebraucht. Zwei Messingklötzchen mit Klemmschrauben sind auf eine an einer Schraubzwinge befestigten Ebonitplatte aufgeschraubt. Mit einem derselben ist durch einen drehbaren Zapfen ein metallener Hebel mit Elfenbeingriff befestigt, welcher gehoben und gesenkt werden kann. Beim Herunterdrücken streift er federnd an das andere Klötzchen an und stellt so den Stromschluß her (Lb, 18).

Auch Quecksilberausschalter, bestehend aus zwei nebeneinander stehenden Quecksilbernäpfen, welche durch einen ∩-förmigen Draht miteinander verbunden werden (Fig. 766 u. 767), leisten in manchen Fällen gute Dienste. Man nimmt

[1]) Derartige Ausschalter sind z. B. zu beziehen von Siemens und Halske in Berlin, Fig. 760 (für 4, 15, 50, 100 Amp. zu 4, 6, 20 und 34 Mk.), sowie von der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft in Berlin.

zweckmäßig als Näpfchen kleine Bechergläser und schichtet über das Quecksilber Wasser, um nicht durch die Quecksilberdämpfe belästigt zu werden.

Soll die Vorrichtung zum Gebrauche möglichst bequem werden, so macht man, wie Fig. 92, S. 59 andeutet, den Verbindungsdraht um ein Scharnier mit

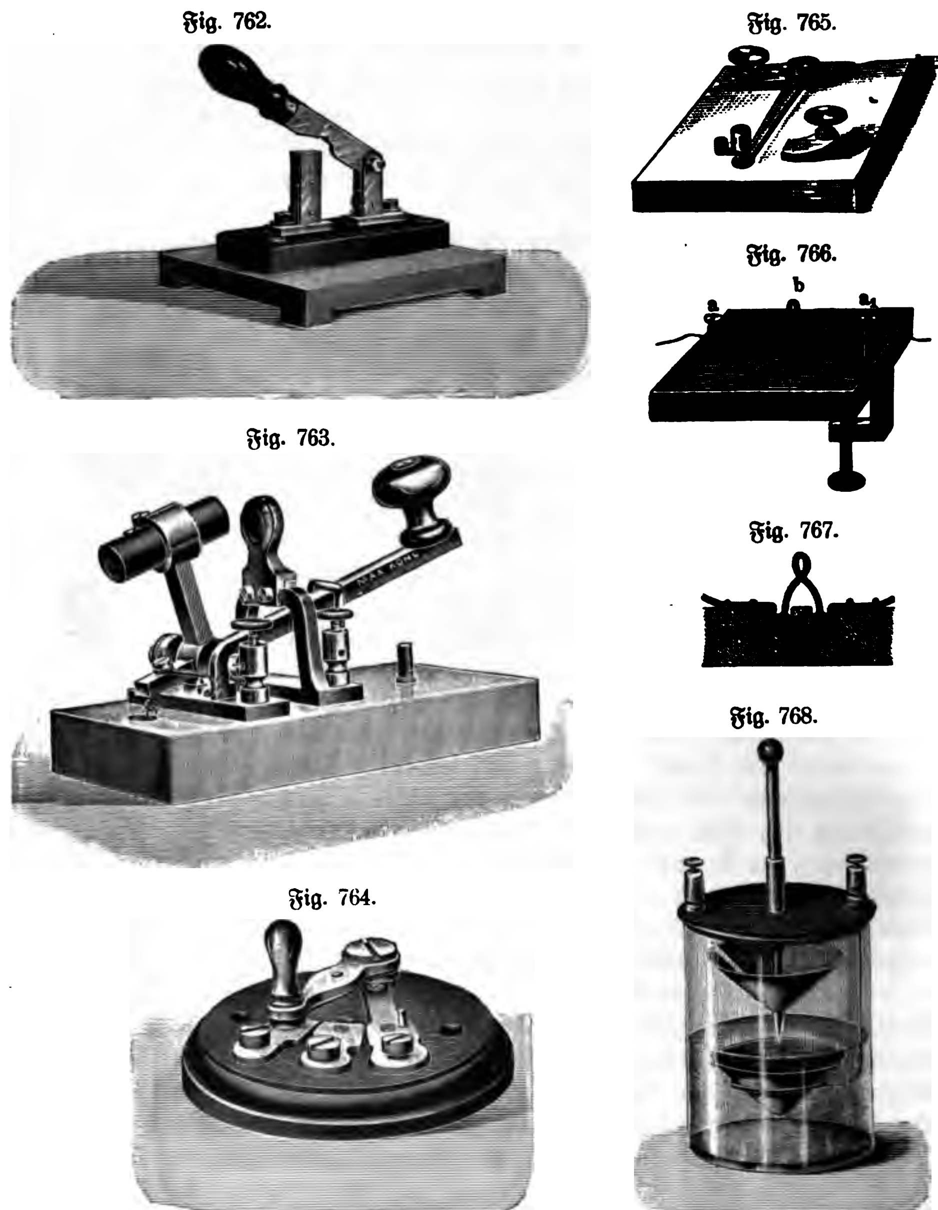


Fig. 762. Fig. 763. Fig. 764. Fig. 765. Fig. 766. Fig. 767. Fig. 768.

Anschlag drehbar und bringt außerdem einen gleichzeitig als Gegengewicht dienenden Griff zum Drehen an.

Zur allmählichen Unterbrechung eines sehr starken Stromes und zur Vermeidung der Beschädigung der Kontaktflächen durch Verbrennen kann man sich des in Fig. 768 dargestellten Stromschlußdämpfers nach W. Holtz bedienen, bei

lchem ähnlich den in der Technik gebräuchlichen Flüssigkeitsausschaltern beim ben der oberen Elektrode eine Flüssigkeitsschicht zunächst noch die Stromleitung ernimmt. (E, 10.)

Ähnlich wirken die Ausschalter mit Kohlenkontakten. (Fig. 763, K, 30.)

Häufig genügt ein Ausschalter, bei welchem auf den schädlichen Einfluß der nkenbildung keine Rücksicht genommen ist, da man ihn öffnen und schließen m, während die Leitung durch den Ausschalter am Schaltbrett geöffnet ist. Eine ueme Form eines solchen Stöpselausschalters ist ein konischer, zwischen zwei

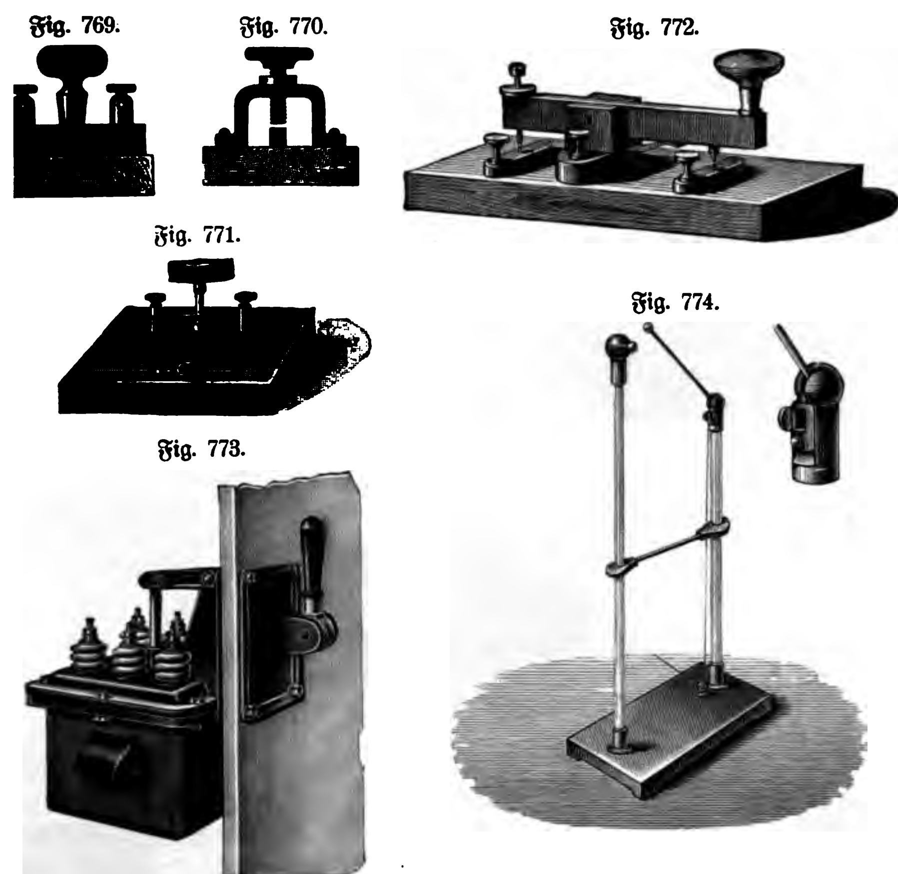


Fig. 769. Fig. 770. Fig. 772. Fig. 771. Fig. 774. Fig. 773.

ht nebeneinander stehenden Messingklötzchen mit entsprechenden Vertiefungen einsetzender Stöpsel aus Messing mit Ebonitgriff. (Fig. 769 u. 771, Lb, 9.)

Bei einer anderen einfachen Kontaktvorrichtung wird der Stromschluß durch ederdrehen einer Schraube bewirkt. Es ist dabei zweckmäßig, wenn der Bügel, rch welchen die Schraube gehalten wird, etwas federt, damit die Schraube h jeweils unter Druck mit der Kontaktfläche reibt, wodurch diese sauber gelten wird (Fig. 770).

W. Ostwald empfiehlt einen federnden Taster nach Art des Telegraphensters, bei welchem sich die Kontaktwarze herunterschrauben läßt, um nach Bedarf uernden Kontakt herstellen zu können.

Zur kurz dauernden Schließung sehr schwacher Ströme können auch wirkliche

Telegraphentaster (Fig. 772) oder die bei Klingelanlagen gebräuchlichen Druckknöpfe (Fig. 295, S. 148) benutzt werden.

Als Stromschlüssel für hohe Spannungen bei sehr kleiner Stromstärke wird gewöhnlich ein Henleyscher Entlader gebraucht, dessen Elektroden mit isolierenden Griffen versehen sind und sich in ihren Ständern wie diejenigen einer Influenzmaschine verschieben lassen. Für andere Zwecke eignet sich besser der Beezsche Stromschlüssel, welcher ähnlich wie ein gewöhnlicher Ausschalter eingerichtet ist, indes viel leichter beweglich, so daß er, wenn nötig, auch aus der Entfernung durch Ziehen an einer Schnur betätigt werden kann [1]), indem eine Feder oder ein Gewicht der Schnur entgegenwirkt. Für große Stromstärken verwendet man Ölausschalter (Fig. 773), bei welchen die Stromunterbrechung unter Öl erfolgt [2]).

c) Kommutatoren. Manche Versuche erfordern eine Vorrichtung, um den Strom rasch umzukehren. Man hat dafür die Benennungen Stromwechsler, Stromwender, Umschalter, Gyrotrop, Kommutator.

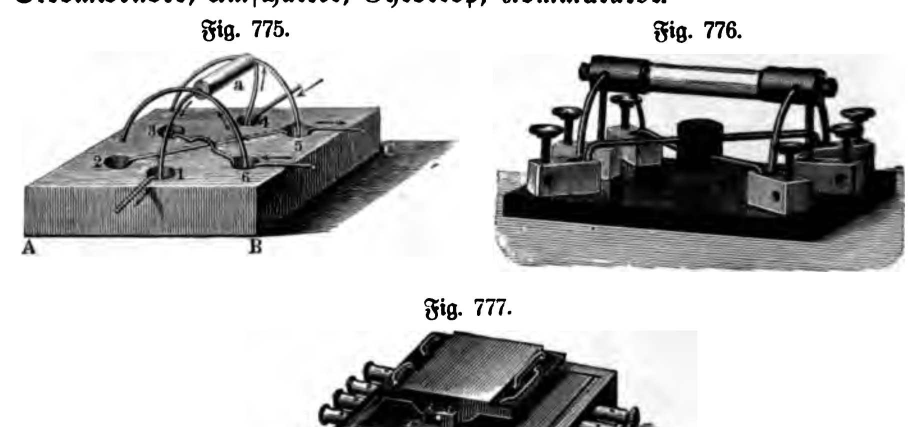


Fig. 775. Fig. 776.

Fig. 777.

Nach Pohl kann man sich mit Quecksilber billig einen sehr bequemen Kommutator machen, nämlich die in Fig. 775 abgebildete Wippe. Auf ein etwa nach AB 20, nach BC 10 cm langes Brettchen werden sechs Löcher von 1 cm Durchmesser gebohrt; Kupferdrähte werden durch Drahthaften auf das Brettchen genagelt, wie die Figur zeigt, wovon aber einer der sich kreuzenden gut vom anderen isoliert wird. Zwei gebogene Kupferdrähte werden nun in ein Holzstäbchen *a* gesteckt, welches so lang ist wie die Entfernung der Löcher 5, 6, und es wird dann kreuzweis auf jeden Kupferdraht ein zweiter gebunden, wie die Figur zeigt. Letztere Drähte werden nur so lang genommen, daß ihre Enden noch nicht bis auf das Brettchen reichen, wenn das Stäbchen mit den zuerst daran befestigten Drähten vertikal in den Löchern 1, 4 steht. Allein so bleibt es nicht stehen, es muß sich auf die eine oder andere Seite legen, und der geringste Ruck bringt es von einer auf die andere. Ist nun Quecksilber in den Löchern und sind die Drahtenden amalgamiert, so ist

[1]) Solche Stromschlüssel liefert das Edelmannsche Institut in München. — [2]) Zu beziehen von Voigt u. Häffner, A.-G., Frankfurt a. M.-Bockenheim.

der Apparat fertig. Durch 1 und 4 wird der Strom ein=, durch 5 und 6 aus=geleitet; die Pfeile zeigen den Weg des Stromes für die abgebildete Stellung. Es ist zweckmäßig, die Drähte einer jeden Seite zu verlöten, anstatt sie nur zusammen=zubinden (Fig. 776, Lb, 20). Ferner ist zu empfehlen, das Brettchen mit einem erhabenen Rande zu versehen, um Quecksilberverlusten vorzubeugen.

Eine verbesserte Form der Wippe, wie sie von Edelmann in München geliefert wird, zeigt Fig. 778. Horizontal und parallel nebeneinander sind vier quadratische, an den Enden mit Klemmschrauben versehene Messingstäbchen befestigt, deren jedes in der Nähe der Enden zwei Quecksilbernäpfe besitzt. Die Drahtbügel, welche dazu bestimmt sind, diese Näpfe in der einen oder anderen Weise zu verbinden, befinden sich auf einem horizontal dreh=baren Holzklötzchen. Hat das=selbe die gezeichnete Stellung, so ist jeder der beiden äußeren Näpfe mit dem ihm benachbarten inneren verbunden, wird es nach der anderen Seite umgelegt, so tritt jeder äußere Napf mit dem ihm nicht benachbarten inneren in Verbindung. (Preis 25 Mk., Fig. 777, E, 34.)

Fig. 778.

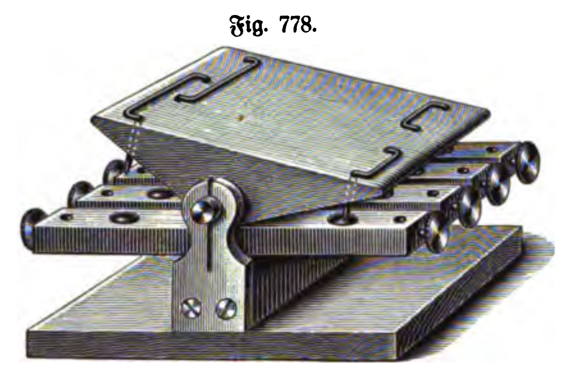


Fig. 779.

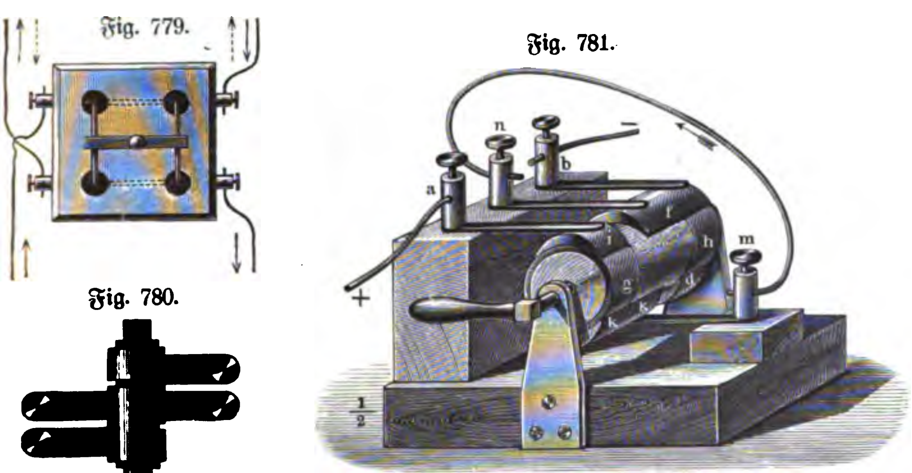


Fig. 780.

Fig. 781.

Fig. 779 stellt einen ebenfalls oft gebrauchten einfachen Quecksilberkommutator mit nur vier Quecksilbernäpfen dar. Werden die beiden durch ein Holzklötzchen verbundenen Drahtbügel in der punktierten Stellung in die Quecksilbernäpfe ein=gesetzt, so verläuft der Strom in der oberen Leitung in der Richtung der punktiert gezeichneten Pfeile.

Die Fig. 780 und 782 zeigen einen von J. Müller angegebenen Kommutator. Das wesentliche Stück desselben ist eine hölzerne Walze, die mittels des Griffes um ihre metallene Achse leicht gedreht werden kann; an jedem Ende trägt sie einen metallenen Ring *gh*, und auf jedem dieser Ringe sind, diamentral gegenüberstehend, die metallenen Wülste *ik* und *df* aufgelötet. Von diesen Wülsten sind *d* und *i*

nur so breit als die Ringe, *k* und *f* aber sind breiter und reichen bis über die Mitte der Walze, sind jedoch von dem anderen Ringe immer wieder durch Holz getrennt. Unter den vier Klemmschrauben *a*, *b*, *m*, *n*, wovon *a*, *b* mit der Kette, *m* und *n* aber mit den Enden des Leiters, durch welchen der Strom gehen soll, verbunden werden, sitzen metallene Federn, durch welche die Wülste gespannt werden und dadurch in innige Berührung mit diesen kommen. In der gezeichneten Stellung geht der Strom von *a* in den Wulst *i* durch den Ring *g* und den Wulst *k* in die Klemmschraube *m*, von hier durch den Leiter, welcher einem Versuche unterworfen werden soll, in die Klemmschraube *n* und von dieser durch *f* und *b* zurück zur Kette. Wird aber der Griff um eine halbe Wendung gedreht, so kommt die Feder *a* auf *k* zu liegen, und der Strom geht aus *k* nach *n* und kehrt über *m*, *f*, *h* und *d*, welches jetzt unter der Feder *b* liegt, nach der Kette zurück und kreist also in dem Leiter, welcher *m* und *n* verbindet, in entgegengesetzter Richtung. Bei senkrechter Stellung des Griffes kommen die Federn *m n* auf das Holz der Walze zu liegen, und der Strom ist also nicht geschlossen. Bei diesem Kommutator muß besonders darauf gesehen werden, daß die Federn recht glatt sind und das Metall nicht angreifen, weil sie sonst gern Metallteile auf das Holz schleppen und dadurch eine leitende Verbindung zwischen den Wülsten herstellen. Bei der Stärke der

Fig. 782.

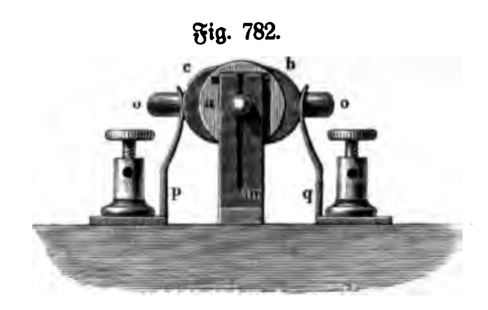
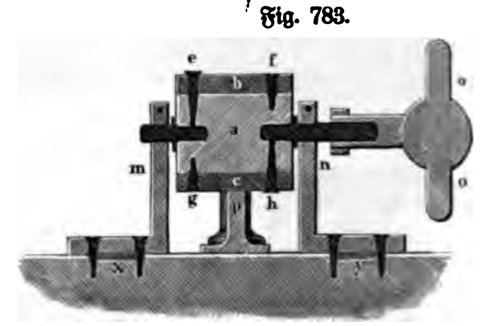


Fig. 783.



Wülste, wie sie die Zeichnung angibt, kann man jedoch die Federn so stellen, daß sie bei senkrechter Lage des Griffes die Walze gar nicht berühren.

Ein anderer sehr zweckmäßiger Kommutator ist der Ruhmkorffsche, gewöhnlich mit den Induktionsapparaten verbunden, welchen man findet; er ist sehr bequem, aber nicht sehr übersichtlich.

Fig. 782 zeigt einen senkrechten Durchschnitt und Fig. 783 eine zum Schnitte senkrechte Ansicht, jedoch in einer anderen Stellung der Walze. Die Walze *a* ist von Elfenbein und hat messingene Achsen, die aber nicht durchgehen; auf die Walze sind zwei Kupferwülste geschraubt, und eine der Schrauben reicht auf je einen der messingenen Zapfen, um welche sich die Walze mittels eines hölzernen Handgriffes drehen läßt. Diejenige Schraube, welche so die Verbindung mit dem Zapfen herstellt, ist auf irgend eine Weise bezeichnet. Die messingenen Zapfenlager *m*, *n* sind geschlitzt und lassen sich durch eine Schraube an die Zapfen so weit anklemmen, daß zwar hinreichende Berührung entsteht, aber die Walze noch gut drehbar bleibt. Die Stützen *m*, *n* sitzen auf Blechstreifen, welche den Strom weiterführen, der durch die Klemmschrauben und die darunter befestigten Messingfedern *p*, *q* eingeleitet wird. Diese Federn sind so gestellt, daß sie die Elfenbeinwalze nicht berühren, wenn die Kupferwülste vertikal übereinander stehen, so daß also in dieser Stellung

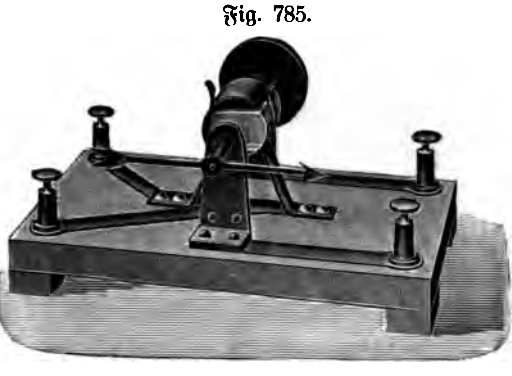
der Strom unterbrochen ist. Dieser Kommutator ist vorzugsweise für dauernde Verbindung mit einem Apparate geeignet. (Fig. 785, E, 25.)

Eine Modifikation des Ruhmkorffschen Kommutators, welche den Vorzug größerer Durchsichtigkeit und größerer Zuverlässigkeit bietet, ist in Fig. 784 dargestellt.

Fig. 784.



Fig. 785.



Die massive Walze aus isolierendem Material ist dabei einfach durch zwei starke Messingdrähte ersetzt, die beiderseits durch Hartgummischeiben verbunden sind. (E, 15.)

Der in Fig. 786 dargestellte Kommutator ist bekannt als Bestandteil der Stöhrerschen Magnetinduktionsmaschine. Zwei metallene Spulen sind durch eine Isolierschicht voneinander getrennt und die Spulenränder, auf welchen Federn schleifen, abwechselnd zur Hälfte abgenommen.

Andere Kommutatorformen zeigen die Fig. 787 nach Bertin (K, 24) und 788 nach Hartl (K, 60).

Soll nur eine Änderung der Verbin-

Fig. 786.

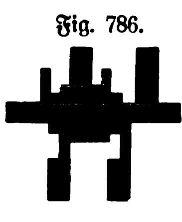


Fig. 787.

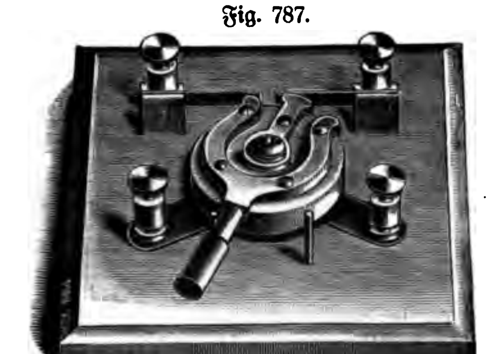


Fig. 788.



Fig. 789.



bungen erfolgen bei geöffnetem Stromkreis, wobei also Funkenbildung ausgeschlossen ist, so können auch Stöpselumschalter Verwendung finden (Fig. 789, K, 22).

Eine häufig gebrauchte Form ist in Fig. 790 dargestellt. Wird beispielsweise die Klemme *B* mit einem Pol der Batterie verbunden, so kann man, je nachdem man den Stöpsel *P* bei *H* oder *h* einsetzt, den Strom durch die eine oder andere der beiden Leitungen links senden.

Fig. 790.



Bei Herstellung eines solchen Stöpselkontaktes lötet man die drei Teile der Messingplatte unter Zwischenfügung von Blechstreifen, welche die Fugen ausfüllen, zusammen, bohrt die Stöpsellöcher, schraubt die Platte auf das Holzbrett auf und zerlegt sie, nachdem so die richtigen Stellen für die Befestigungsschrauben gefunden sind, durch Erhitzen unter Beseitigung der zwischengelegten Blechstreifen wieder in die drei Teile, welche nun definitiv aufgeschraubt werden.

d) Rheostaten. Ein Schlittenrheostat ist Poggendorffs Rheochord[1]). Zwei Drähte sind parallel nebeneinander gespannt, indes auf der einen Seite nicht fest, sondern durch einen beweglichen Schieber (event. eine Klemmschraube mit zwei parallelen Bohrungen) verbunden, so daß man durch Verschieben desselben die Schleife, die die Drähte mit ihm bilden, größer und kleiner machen und dadurch den Widerstand innerhalb gewisser Grenzen regulieren kann.

Der Rheostat von Wheatstone. Der Apparat besteht in der Hauptsache aus einer Walze von Serpentin oder Marmor (Holz macht den Draht durch sein be-

Fig. 791.

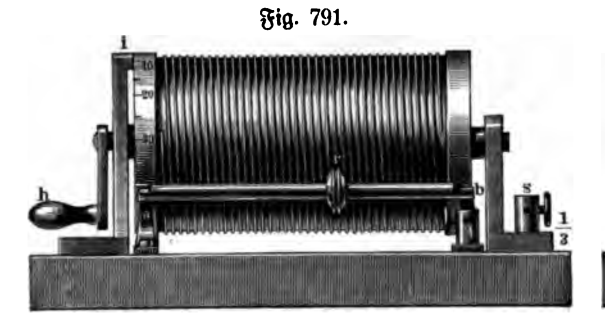
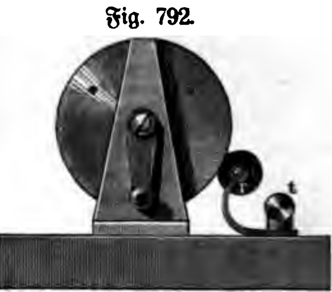


Fig. 792.



ständiges Wachsen und Schwinden bald locker), in welchen Schraubengänge von 3 bis 4 mm Steigung eingedreht sind, Fig. 791. Die metallene Achse des Cylinders besteht nur aus zwei Zapfen, wovon der eine eine Kurbel trägt. An beiden Enden trägt die Walze Messingreifen, deren einer in 100 Teile geteilt ist und für welchen der eine der beiden die Walze stützenden Ständer einen Zeiger *i* trägt. Der andere Reif steht mit dem Achsenstück seiner Seite in metallischer Verbindung und an ihm ist zugleich der Anfang eines Neusilberdrahtes von $^1/_2$ bis 1 mm Durchmesser angelötet, welcher in die Schraubengänge gewunden und am anderen Ende in einem Loche der Walze befestigt ist. Auf dem Messingstabe *ab* kann sich die Rolle *r*, Fig. 792, verschieben; sie hat eine der Drahtdicke entsprechende Rinne und der Stab *ab* selbst eine den Schraubengängen entsprechende Teilung, welche auf der

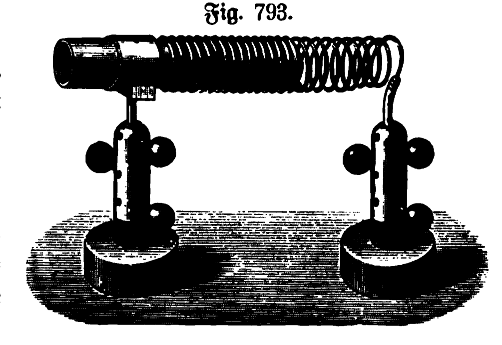
[1]) Edelmann liefert einen Schlittenrheostaten mit zwei Drähten und Kurzschluß durch Stöpsel zu 60 Mk.

rechten Seite beginnt und so gerichtet ist, daß das rechts freie Stück des Stabes die Zahl der Schraubengänge angibt, um welche die von der Rolle berührte Drahtwindung vom rechten Ende absteht. Die Teilung auf dem Messingringe muß auf 0 stehen, wenn die Rolle gerade eine ganze Zahl von Windungen absteht. Der Stab *ab* wird durch zwei ziemlich starke Federn, deren eine unter der Klemmschraube *t* liegt, gegen die Walze gehalten, Fig. 791. Wird die Kurbel gedreht, so verschiebt sich die Rolle auf dem Drahte *ab*, und man kann also auf diesem und der Teilung der Walze selbst stets ablesen, wieviel Draht zwischen die beiden Klemmschrauben *s* und *t* eingeschaltet ist, da der Strom von *s* in den Ständer, von diesem in die Achse, dann in den einen Messingring, in den Draht, in die Rolle, den Messingstab, die Feder und endlich in die Klemmschraube *t* übergeht.

Zuverlässiger wird die Vorrichtung, wenn man nach F. Kohlrausch den Kontakt mit den Enden der Achse durch Bürsten aus steifen Messingdrähten herstellt. Zu beachten ist auch, daß sich in der Kontaktrolle leicht Staub und andere Unreinigkeiten festsetzen. (W, 45.)

Diese Form wählt man nur für dickere Drähte. Für dünnere bringt man eine zweite ganz aus Metall verfertigte Walze, auf welche sich der Draht aufrollt, wobei der Durchmesser so groß sein sollte, daß die Elastizitätsgrenze des Drahtes nicht überschritten wird. (W, 50.) W. Thomson (1886) verbindet die beiden Walzen des Rheostaten untereinander und mit einer dritten Welle mit Schraubengewinde durch Zahnräder. Durch die Schraube wird ein Schlitten verschoben, welcher dem Drahte die richtige Führung gibt. Die leitende Walze und der Draht bestehen aus Platinoid.

Fig. 793.



Nach Szymanski kann man sich einen einfachen Rheostaten aus Eisen- oder Nickelindraht herstellen, den man auf ein Stück Messingrohr wickelt und je nach Bedarf von demselben abzieht. Rohr und Spiralenende werden auf Holtzschen Fußklemmen befestigt (Fig. 793).

Einen anderen primitiven Rheostaten für stärkere Ströme kann man sich aus etwa 3 mm starkem Eisendraht leicht selbst herstellen, indem man zwei lange Spiralen windet, die man parallel nebeneinander auf einem Brette befestigt und durch eine federnde Lamelle aus Messingdraht überbrückt. Letztere ist auf einem Schlitten aus Holz befestigt und läßt sich der ganzen Länge der Spiralen nach verschieben, so daß man (wie beim Rheochord) den Widerstand von 0 bis zum Gesamtwiderstande der hintereinander geschalteten Spiralen ändern kann. Zweckmäßig legt man unter die Spiralen Streifen von Asbestpappe. Die Befestigung auf dem Brette kann mit Drahtkrampen bewirkt werden kann [1]).

Eine ähnliche Form für hohen Widerstand (Parallelrheostat), wobei ein dünner Draht auf einen stabförmigen Kloß von Schiefer oder Porzellan mit spiralförmigen Nuten aufgewunden ist, zeigt Fig. 794 [2]).

[1]) Solche Rheostaten sind in meinem Institut schon über 12 Jahre in Gebrauch. — [2]) Solche sind zu beziehen von Dr. Paul Meyer, Aktiengesellschaft, Berlin N., Lynarstraße 5/6 (Fig. 796); von Kaehler und Martini, Berlin W., Wilhelmstr. 50 (zu 24 Mk.)

Eine besonders bequeme Form für geringe Widerstände ist diejenige, bei welcher die Spirale um eine kreisförmige Schieferplatte gelegt und der Schleifkontakt in Form einer Kurbel ausgebildet ist.

Vielfache Verwendung finden ferner **transportable Kurbelrheostaten** von der oben (S. 53, Fig. 81) beschriebenen Einrichtung, von welchen die kleineren einfach horizontal auf den Tisch gelegt, größere dagegen zu zweien dachförmig aneinander gelehnt, oder auch parallel in vertikaler Stellung auf einem mit Lenkrollen versehenen Sockel befestigt sind, so daß sich das Ganze leicht an den gewünschten Ort transportieren läßt.

Fig. 794.

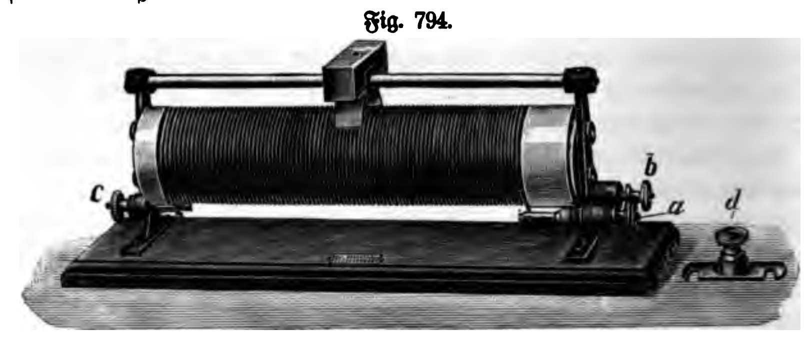
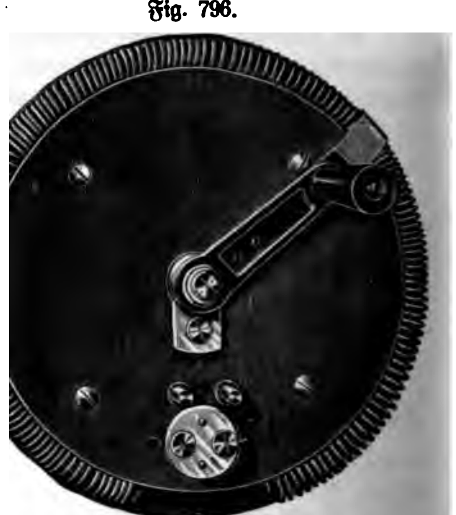


Fig. 795.



Fig. 796.



Reppin u. Masche, Berlin, liefern einen transportabeln Rheostaten für 220 Volt und 20 Amp. nach Fig. 797 zu 420 Mk. Er gestattet folgende Stromstärken herzustellen, falls die Verteilungsleitung durch einen kleinen Widerstand geschlossen ist:

Knopf Nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Vorgeschalteter Widerstand in Ohm	0	110	73,3	44	36,7	31,4	27,5	24,4	22	18,3	15,7	13,8	12,2	11
Ampère	0	2	3	5	6	7	8	9	10	12	14	16	18	20

(Fig. 798); **Voigt und Häffner** in Bockenheim (von 4 bis 15 Amp. und 65 bis 110 Volt) zu 14 bis 23 Mk.; **Gebr. Fentzloff** in Frankfurt a. M. (Fig. 794) zu 36 Mk.; **Gebr. Ruhstrat**, Göttingen, zu 15 bis 25 Mk. (Fig. 795).

Noch weitere Reduktion der Stromstärke ist möglich durch Vorschalten von lühlampen.

Einen größeren, durch Beigabe von Ausschaltern und Meßinstrumenten ver-ollkommneten Rheostaten nach M. Kohl, Chemnitz, zeigt Fig. 799 (K, 520).

Fig. 797. Fig. 798.

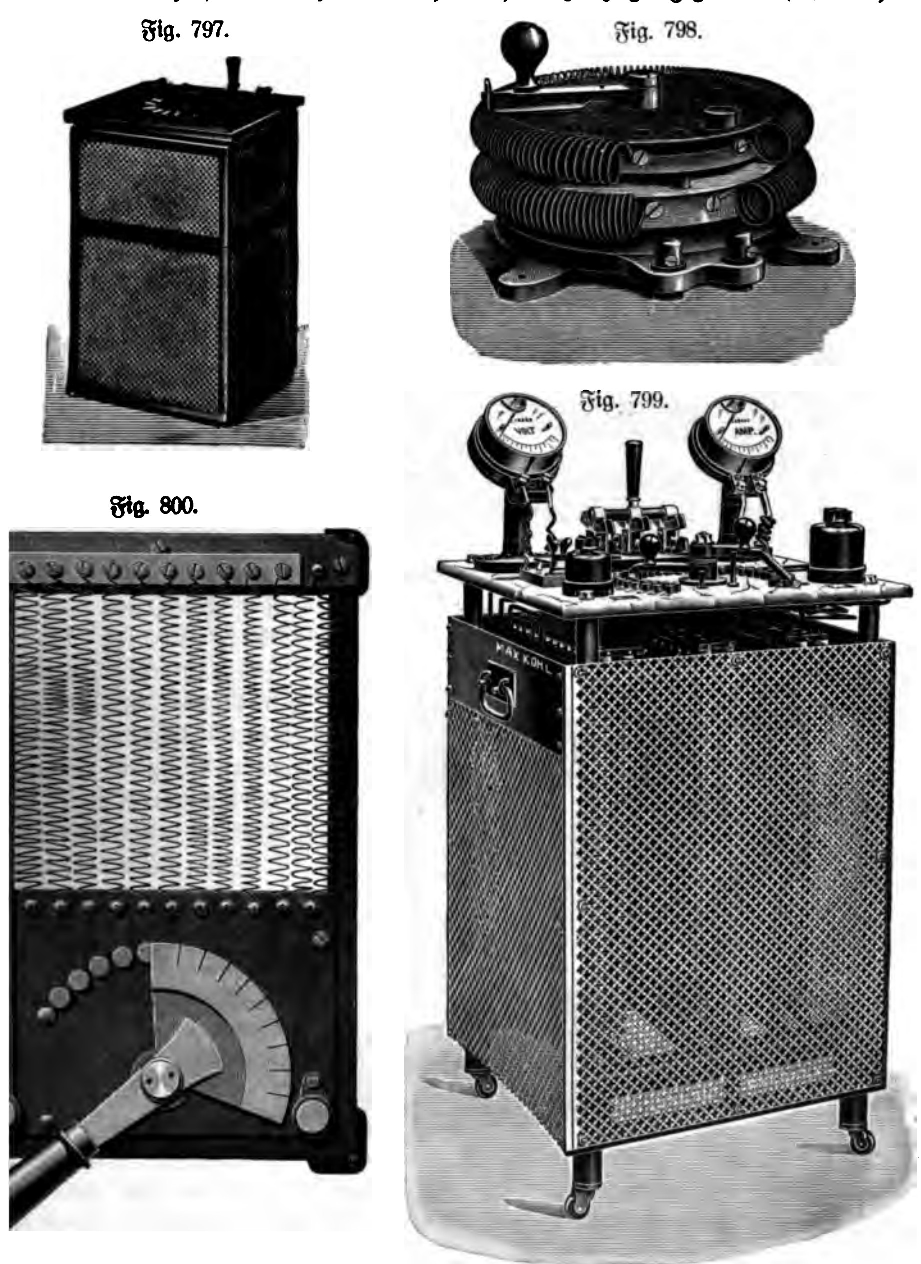


Fig. 799.

Fig. 800.

ien tragbaren Belastungswiderstand für 120 oder 240 Volt und Regulierung Abstufungen von 2,5 Amp. bis 50 bezw. 25 Amp., Gewicht 4 kg, Ab-ssungen 45 × 45 × 10 cm beschreibt Ohrlich, Deutsche Mechanikerzeitung 03, S. 65.

Um sehr kleine Widerstände herzustellen, kann man Kurbelrheostaten von solcher Einrichtung gebrauchen, daß beim Drehen der Kurbel, welche in diesem Falle aus einem größeren metallenen Sektor besteht, eine mehr oder minder große Zahl der Widerstandsspulen parallel geschaltet wird, Fig. 800 [1]). Es sind nämlich sämtliche obere Enden der Spiralen miteinander verbunden, die unteren an die Kontaktknöpfe angeschlossen. Bedeckt der Sektor alle Kontaktknöpfe, so sind alle Spiralen parallel geschaltet, der Widerstand ist also ein Minimum. Berührt der Sektor nur einen Kontaktknopf, so ist nur eine Spirale eingeschaltet, der Widerstand somit ein Maximum.

Fig. 801.

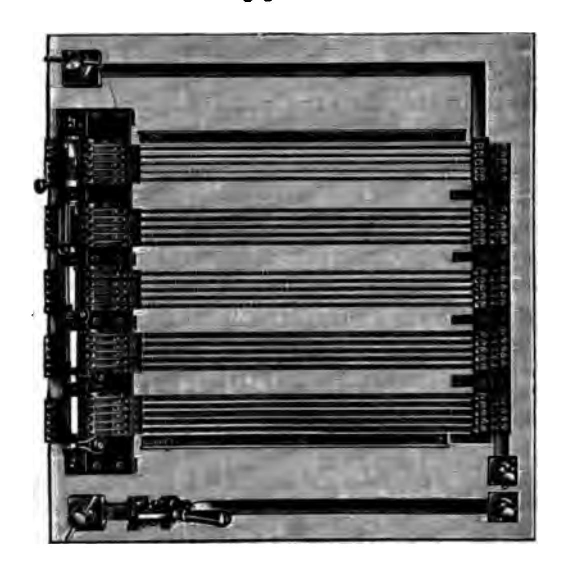


Fig. 802.



Fig. 801 zeigt einen Wand-Regulierwiderstand für 225 Amp. und 10 Volt, regulierbar von 5 zu 5 Amp. von M. Georgen, München X.

Als sehr zweckmäßigen Rheostaten empfiehlt Strecker (Z. 11, 16, 1898) eine Glühlampenbatterie, bei welcher zu einem Rahmen zusammengestellte hölzerne Leisten mit Glühlampenfassung billigster Art besetzt sind [2]).

Um kleine Widerstände zu erhalten, werden die Fassungen alle parallel geschaltet, d. h. an starke Kupferdrähte mittels schwacher Drähte durch Lötung gut verbunden. Das Einschalten einer Lampe geschieht durch Vorwärtsdrehen bis zum Anliegen der Kontakte, das Ausschalten durch Zurückdrehen um etwa 90 bis 180°. Da eine gewöhnliche 16kerzige Glühlampe bei 110 Volt 0,5 Amp. verbraucht, so hat man, wenn etwa

[1]) Derartige Stromregulatoren für Stromstärken über 50 Amp. liefert Wilh. Pfanhauser, Berlin SW., Alte Jakobstr. 5, zu 40 bis 75 Mk. — [2]) Illuminationsfassungen sind zu beziehen von der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft, Berlin; ein Stück samt Schraubenspindel und Mutter zu 16 Pf.; eine Glühlampe zu 50 bis 60 Pf. Einen einfachen Glühlampenrheostat zeigt Fig. 802 (zu beziehen von Leppin u. Masche, Berlin SO., zu 34 Mk.).

ein Strom von 10 Amp. hergestellt werden soll, 20 Glühlampen parallel zu schalten. Die Zahl der brennenden Glühlampen läßt also ohne weiteres die Stromstärke abschätzen. Ein Nachteil ist, daß man bei offenem Stromkreis nicht sehen kann, wie groß der eingeschaltete Widerstand ist (man müßte dann nur auf jede Lampe einen Zeiger anmalen) und namentlich, daß die nur mit Gips befestigten Glühlampenfüße allmählich wackelig werden, wenn das Anziehen nicht mit genügender Sorgfalt geschieht.

Kleine Widerstände für sehr starke Ströme stellt man zweckmäßig in Form des Rheochords aus Messing- oder Kupferröhren her, welche von Wasser durchflossen werden. Solche Rheostaten für Ströme bis 5000 Amp. sind im Karlsruher Institut seit neun Jahren in Gebrauch.

Sehr bequeme und billige Widerstände, die man sich leicht selbst herstellen kann, sind ferner die Flüssigkeitswiderstände. Ich benutze dazu gewöhnlich Standcylinder größter Sorte [1]), welche in einem hohen aus Latten gebildeten Gestell befestigt werden, wie Fig. 803 zeigt. Als Flüssigkeit dient reines Wasser oder Glycerin (event. mit etwas Bleizucker). Die Zuleitung des Stromes erfolgt durch einen Draht, welcher in der Achse des Cylinders bis zu einer auf dem Boden derselben befindlichen kreisförmigen Scheibe aus Blei heruntergeführt ist und bis dahin von einem Glasrohr umschlossen wird, welches in passender Weise an dem Holzgestell befestigt ist. Die andere Stromzuführung geschieht durch eine über dieses Glasrohr geschobene Messingröhre, an deren unteres Ende ebenfalls eine Blechscheibe angelötet ist. Durch eine über Rollen geführte Schnur mit Gegengewicht ist dieses Rohr ausbalanciert, so daß es in jeder Stellung, die man ihm gibt, stehen bleibt. Bei Verwendung stärkerer Ströme auf längere Zeit muß der Querschnitt des Cylinders wegen der Erhitzung der Flüssigkeit sehr groß genommen werden.

Fig. 803.



Für sehr schwache Ströme benutze ich hohe U-förmige Kapillaren mit Erweiterungen an den Enden, an der Biegung in Paraffinplatten eingeschmolzen.

Abegg [2]) empfiehlt ebenfalls Flüssigkeitswiderstände von der Form einer U-förmigen Röhre mit erweiterten Enden. Die Drosselung des Stromes wird dadurch bewirkt, daß man in den einen Schenkel einen Glasstab mehr oder weniger tief hineinschiebt und mittels eines durchbohrten Korkes in dieser Stellung festhält. Durch Wahl verschieden dicker Glasstäbe und verschieden gut leitender Flüssigkeiten, wie Schwefelsäure, Wasser oder alkoholischer Lösungen [3]) kann der Widerstand innerhalb der weitesten Grenzen geändert werden.

[1]) Auch hölzerne Bottiche, Fässer u. dergl. können gebraucht werden, ferner Steingutströge und die großen Glaströge der Firma Sievert u. Co., Dresden, Winckelmannstr. 1. — [2]) Abegg, Zeitschr. für Elektrochemie 8, 43, 1902. — [3]) Hittorf benutzte Lösungen von Jodkadmium in Amylalkohol. Dieselben stören aber durch ihren unangenehmen Geruch.

Strecker (l. c.) empfiehlt für gewöhnliche Zwecke ein Batterieglas von etwa 10 cm Weite und 16 cm Höhe mit reichlich 1 Liter Wasser gefüllt. Ein Cylinder aus Weißblech, der die innere Fläche des Glases bedeckt, dient als Kathode. Die Anode besteht aus zwei Kohlenstäben von 16 mm Durchmesser, die mehr oder minder tief eingesenkt werden können. Es können so bei 110 Volt Spannung Ströme bis zu 2,4 Amp. erhalten werden, wobei allerdings, wenn der Versuch längere Zeit dauern soll, beständige Kühlung notwendig ist, indem man aus der Wasserleitung einen kontinuierlichen Strom von frischem Wasser einleitet. Benutzt man statt Wasser Sodalösung, so wird der Widerstand erheblich vermindert.

Stöhrer verwendet für Widerstände bis zu etwa 1000 Ohm sehr dünne, auf Holz befestigte Graphitstäbchen, welche in halb mit Quecksilber gefüllte Röhren eingetaucht werden können, Fig. 804 (S, 36). Einen anderen Graphitwiderstand von Stöhrer zeigt Fig. 805 (Preis 24 Mk. [1]).

Fig. 804.



Fig. 805.



Recht brauchbar für stärkere Ströme sind Batterien von Glühlampen mit hohem Widerstand, welche zur Vermeidung der Erhitzung der Kohlenfäden mit Öl (Petroleum) gefüllt sind.

Fig. 806.



Eventuell können auch die Sekundärspulen von Induktionsapparaten als Widerstände dienen, falls deren Selbstinduktion nicht stört.

Grosse (1886) stellt große Widerstände für schwache Ströme in Bandform her, indem er in ein Band aus Baumwolle einen Neusilberdraht von 0,15 mm Dicke so einwebt, daß alle Windungen voneinander isoliert sind. Ein Band von 1000 Ohm ist 4 m lang und 2 cm breit (zu beziehen von Stöhrer in Leipzig).

Sehr große Widerstände [2]) werden aus Graphit hergestellt, mit welchem Rinnen in Hartgummi ausgestrichen werden. Hopkinson stellte sich durch Bleistiftstriche auf matten Glasstäben Widerstände bis zu 96 Millionen Ohm her. An den Enden werden die Striche zu Scheiben verbreitert und hier Quecksilbernäpfchen aus Paraffin aufgesetzt.

---

[1]) Graphitwiderstände für elektrische Heizkörper liefert Graphit, Fabrik elektrischer Apparate, Berlin SW., Jerusalemerstr. 65. — [2]) Siemens und Halske liefern einen solchen Widerstand von etwa 10 bis 100 Millionen S.-E. (Widerstand mit der Zeit sich langsam verändernd, aber von der Temperatur wenig abhängig) zu 205 Mk. Widerstandsgitter speziell für elektrische Heizung liefert C. Schniewindt, Neuenrade i. W.

Auch **platiniertes Glas**, an welches sich die Zuleitungsdrähte anlöten lassen, kann zu gleichem Zwecke dienen (Spiegelwiderstände nach Kundt).

Ein sehr einfacher Rheostat, welcher sich indes nur zur Änderung des Widerstandes bei sehr schwachen Strömen von kurzer Dauer eignet, ist die Widerstandsschraube von Th. Engelmann, Fig. 806. Eine Anzahl von Plättchen aus Retortenkohle oder von mit Gelatine verkittetem Graphitpulver kann durch eine Schraube mehr oder minder stark zusammengepreßt werden, wodurch sich der Widerstand innerhalb sehr weiter Grenzen rasch ändern läßt [1]).

61. **Transmissionsteile.** a) Schnur- und Riemscheiben. Von dem Ende der Transmissionswelle oder der Achse des Vorgeleges muß die Bewegung weiter geleitet werden zu dem zu treibenden Apparat. Im allgemeinen ist hierzu notwendig, auf die Welle eine Riemscheibe [2]) oder einen Schnurlauf zu befestigen, deren eine genügend große Auswahl vorhanden sein muß. Häufig werden

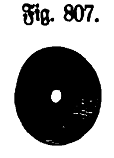
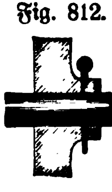

Fig. 807.


Fig. 808.


Fig. 809.


Fig. 810.


Fig. 811.


Fig. 812.

sogenannte Stufenscheiben gebraucht, aus einer Anzahl einfacher Scheiben von verschiedenem Durchmesser bestehend. Man kann sich solche aus hartem Holz (Weißbuche, Ahorn u. s. w.) auf der Drehbank leicht selbst herstellen. Die Bohrung kann man eventuell mit einer sogenannten Büchse aus Metall ausfüttern, wie die Fig. 807 und 808 andeuten, was besonders nötig ist, wenn die Scheibe auf der Achse laufen soll.

Ausbüchsen ist auch nötig, wenn die Scheibe festsitzen soll, aber die Öffnung zu groß gebohrt ist; eventuell genügen in diesem Falle auch drei Sektoren der Büchse (Fig. 809), welche man keilförmig gestaltet.

Die einfachste Art der Befestigung einer Scheibe ist die, daß die Achse schwach onisch verjüngt gestaltet und in die entsprechende Öffnung der Scheibe eingetrieben vird (Fig. 810). Zur Sicherung kann ein Vorsteckstift (Fig. 811) durch die chse getrieben werden; kleinere sind in der Regel schwach konisch zugefeilte Drahtückchen. Solche sind z. B. bei den Uhrminutenzeigern angebracht, um sie am bfallen vom Ende der Achse zu hindern. Will man einen derartigen Stift enternen, so öffnet man das Maul einer Flachzange so weit, daß die eine Backe an as dünnere Ende des Stiftes und gleichzeitig die andere an das Ende der Achse ngelegt werden kann. Drückt man nun die Griffe der Zange zusammen, so wird er Vorsteckstift herausgequetscht.

[1]) Die Apparate sind zu beziehen von dem Mechaniker des physiologischen Instituts ı Utrecht, D. Kagenaar. Sie sind nicht sehr haltbar, da die Blättchen bei etwas ärkeren Strömen weich werden. — [2]) Bezugsquellen sind bereits auf S. 89 angegeben. olzriemscheiben liefern ferner: A. Fr. Flender u. Co., Frankfurt a. M., Gr. Eschenimerstr. 45; H. F. W. Mügge, Blankenburg a. H.; desgl. mit Linoleumbelag Frankfurter ndustriewerke, W. Simson, Frankfurt a. M.-Bockenheim; Hartpapierscheiben: Thüringer artpapierwarenfabrik H. Fr. Löscher, Gera; Korkriemscheiben: C. A. Greiner, ürtingen, Württemberg.

Größere Vorsteckstifte sind gewöhnlich am dünneren Ende gespalten und die beiden Zinken auseinander gebogen, so daß sie nicht von selbst (etwa infolge heftiger Erschütterungen) herausfallen können. Um einen solchen zu entfernen, biegt man die Enden mit der Flachzange wieder zusammen, faßt ihn dann am dickeren Ende mit einer Nagelzange (Beißzange) und zieht ihn heraus.

Kräftige Splinte, welche durch die Nabe der Scheibe durchgetrieben sind (Fig. 812), reichen aus, um dieselbe auch auf einer *cylindrischen* Achse zu befestigen. Um das Herausfallen zu hindern, kann man das dünnere Ende umbiegen oder besser vernieten. Häufig sind beide Enden abgenommen, so daß sie nicht über die Nabe vorragen und gleichzeitig noch schwach vernietet. Ist in solchem Falle die Nabe samt den Endflächen des Splintes glatt abgedreht, oder gar noch mit Ölfarbe oder Lack bedeckt, so weiß man ohne weiteres gar nicht, wo sich der Splint überhaupt befindet. Wird es nun nötig, eine solche Niete zu entfernen, so muß man also zunächst möglichst genau den Ort derselben zu ermitteln suchen. Hierzu reinigt man die Oberfläche der Nabe durch Abschaben vollständig, beseitigt also auch den Lack. Bei aufmerksamer Betrachtung erkennt man dann gewöhnlich zwei sich gegenüberstehende Flecke von etwas anderem Aussehen, oder wenigstens feine kreisförmige Fugen, welche den Endflächen des Splintes entsprechen. Um nun zu finden, welches das dünnere Ende ist, legt man die Nabe auf ein etwas ausgefeiltes, im Schraub-

Fig. 813.

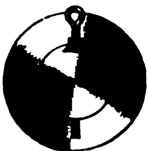


Fig. 814.

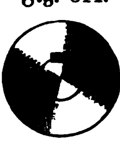
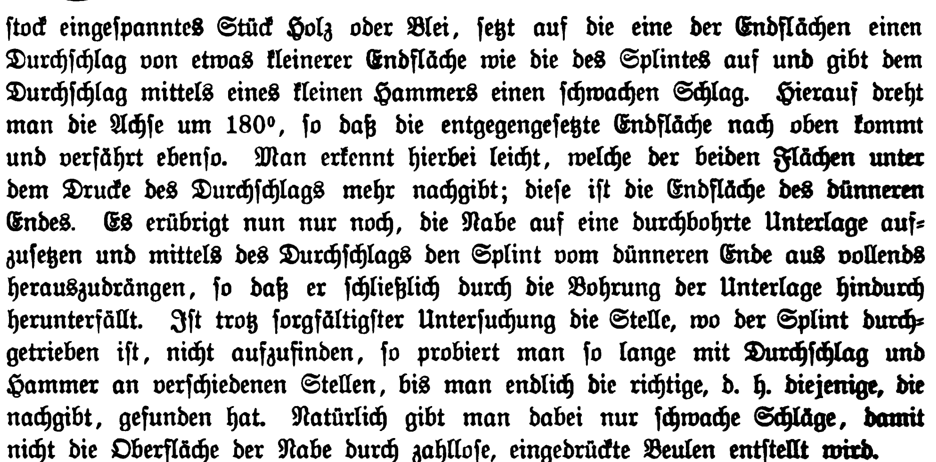


Fig. 815.



stock eingespanntes Stück Holz oder Blei, setzt auf die eine der Endflächen einen Durchschlag von etwas kleinerer Endfläche wie die des Splintes auf und gibt dem Durchschlag mittels eines kleinen Hammers einen schwachen Schlag. Hierauf dreht man die Achse um 180°, so daß die entgegengesetzte Endfläche nach oben kommt und verfährt ebenso. Man erkennt hierbei leicht, welche der beiden Flächen unter dem Drucke des Durchschlags mehr nachgibt; diese ist die Endfläche des dünneren Endes. Es erübrigt nun nur noch, die Nabe auf eine durchbohrte Unterlage aufzusetzen und mittels des Durchschlags den Splint vom dünneren Ende aus vollends herauszudrängen, so daß er schließlich durch die Bohrung der Unterlage hindurch herunterfällt. Ist trotz sorgfältigster Untersuchung die Stelle, wo der Splint durchgetrieben ist, nicht aufzufinden, so probiert man so lange mit Durchschlag und Hammer an verschiedenen Stellen, bis man endlich die richtige, d. h. diejenige, die nachgibt, gefunden hat. Natürlich gibt man dabei nur schwache Schläge, damit nicht die Oberfläche der Nabe durch zahllose, eingedrückte Beulen entstellt wird.

Um die Verbindung gegen stärkere drehende Kräfte zu sichern, wird in eine schwalbenschwanzförmige Nut der Achse ein *Stahlprisma* (Fig. 813) eingeschoben (eventuell zugleich aufgeschraubt), welchem eine passende Nut in der Scheibe entspricht.

Ein *Keil* an Stelle des Prismas (Fig. 814) macht den Splint überflüssig, die Lösung der Verbindung ist aber schwieriger. In der Regel läßt sich die Lösung dadurch bewirken, daß auf das Ende der Achse, gegen welches das dünnere Ende des Keils gerichtet ist, einige Hammerschläge geführt werden. Befürchtet man

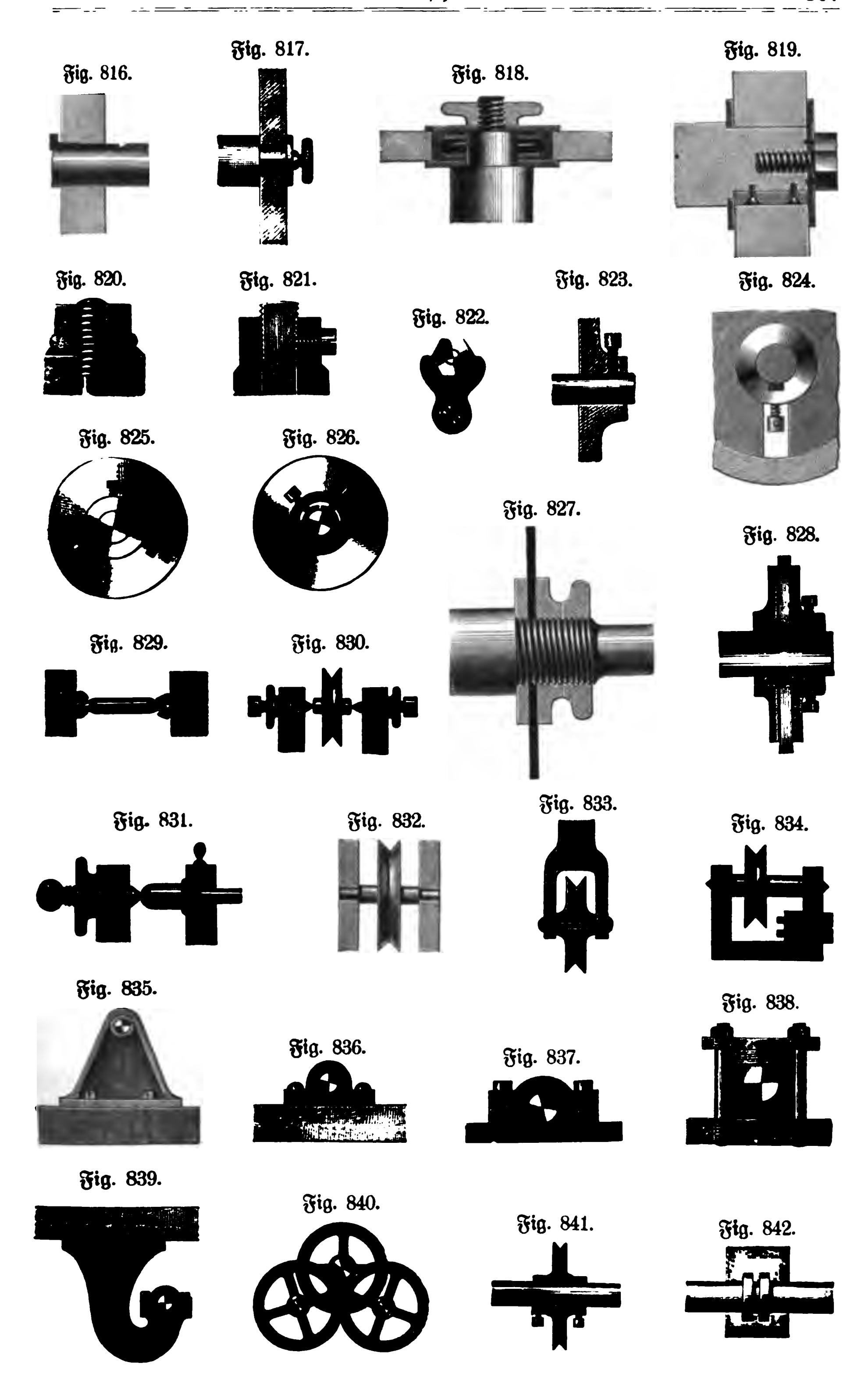


Fig. 816. Fig. 817. Fig. 818. Fig. 819. Fig. 820. Fig. 821. Fig. 822. Fig. 823. Fig. 824. Fig. 825. Fig. 826. Fig. 827. Fig. 828. Fig. 829. Fig. 830. Fig. 831. Fig. 832. Fig. 833. Fig. 834. Fig. 835. Fig. 836. Fig. 837. Fig. 838. Fig. 839. Fig. 840. Fig. 841. Fig. 842.

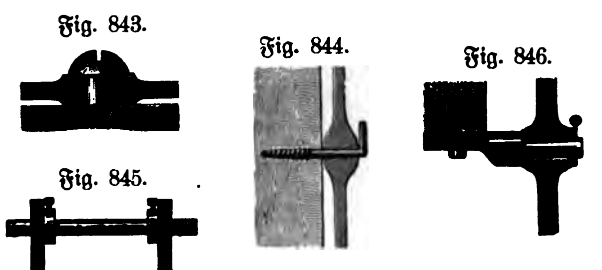
dadurch das Ende der Achse zu deformieren, so daß sich die Räder nach Entfernung des Keils nicht mehr von der Achse herunterschieben ließen, so schlägt man nicht direkt auf die Endfläche der Achse, sondern setzt in das daran befindliche Korn (zum Zwecke des Abdrehens in der Mitte der Endflächen angebrachte, an jeder abgedrehten Achse sich vorfindende kleine Vertiefung) einen Körner ein und führt die Schläge auf letzteren oder benutzt einen Hammer mit Kupfer- oder Holzeinsätzen (Fig. 815). Weniger zweckmäßig ist es, mit oder ohne zwischengefügtes Eisenstück auf die Nabe in der Richtung der Achse Schläge zu führen, da die Nabe oder das Rad selbst hierdurch Schaden leiden könnten.

Läßt sich der Keil nur schwer lösen, so setzt man gegen dessen dünneres Ende einen sogenannten Keiltreiber, d. h. einen im stumpfen Winkel gebogenen stumpfen Meißel und treibt diesen mittels des Hammers an.

Ist die Achse rostig, so wird man vor dem Abschieben des Rades den Rost beseitigen müssen, da sich sonst das Rad nicht an der Achse entlang schieben ließe.

Keile mit einem Vorsprung am dickeren Ende, sogenannte Nasenkeile (Fig. 816), können meist dadurch entfernt werden, daß man zwischen dieser Nase und der Nabe einen Meißel oder ähnlichen Keil eintreibt.

Zuweilen werden Keile, um sie leicht herausziehen zu können, am Ende mit einem Gewinde versehen. Schraubt man hier eine Mutter auf, welche gegen das Ende der Wellen drückt, so löst sich der Keil.


Fig. 843. Fig. 844. Fig. 846. Fig. 845.

Sehr bequem zu lösen sind die nur mit einer Schraubenmutter befestigten Scheiben (Fig. 817, 818), doch löst sich die Mutter zuweilen von selbst. Zuverlässiger hält dieselbe bei Zwischenfügung einer elastischen Unterlage (Fig. 820) oder Anwendung einer Sicherung (Fig. 819, 821 und 822).

Die Fig. 823, 824, 825 und 826 zeigen häufiger angewendete Befestigungsmethoden mittels sogenannter Stellschrauben, die Fig. 827 und 828 die Befestigung einer nichtmetallischen Scheibe, z. B. einer Ebonit- oder Glasscheibe.

Die Art der Ausführung von Schnurrollen und der Lagerung kleiner Wellen an Apparaten ist durch die Fig. 829, 830, 831, 832, 833, 834, 835, 836, 837, 838, 839, 840, 841, 842, 843, 844, 845 und 846 zur Anschauung gebracht.

b) Riemen, Saiten, Zahnräder. Von dem Vorgelege oder der Riemscheibe am Ende der Transmission kann die Bewegung durch Riemen in der oben besprochenen Weise beliebig weitergeleitet werden, auch mit verkehrter Drehrichtung, wozu es nur nötig ist, den Riemen zu schränken.

Am besten verwendet man endlose gekittete oder mindestens genähte Riemen, von welchen eine Auswahl an der Wand im Vorbereitungszimmer aufgehängt wird. Ist kein passender zu finden, so schneidet man von dem Riemenvorrat ein genügend langes Stück ab und verbindet die Enden, wie oben beschrieben, durch einen Harrisschen Riemenverbinder. Soll die Verbindung leicht zu öffnen sein, so kann man den Bachmannschen Scharnierriemenverbinder (Fig. 847) benutzen. Derselbe stört allerdings durch das unangenehme Geklapper beim Aufschlagen auf

die Riemscheibe. In noch höherem Grade gilt dies von der in Fig. 848 dargestellten Verbindung. Doppel-T-förmige Nägel (Fig. 849), Riemenschrauben (Fig. 850) und dergleichen sind aus gleichem Grunde nicht zu empfehlen [1].

Zur Übertragung kleinerer Leistungen dienen besonders Darm- oder Ledersaiten, welche durch die im Handel zu beziehenden stählernen Schlößchen

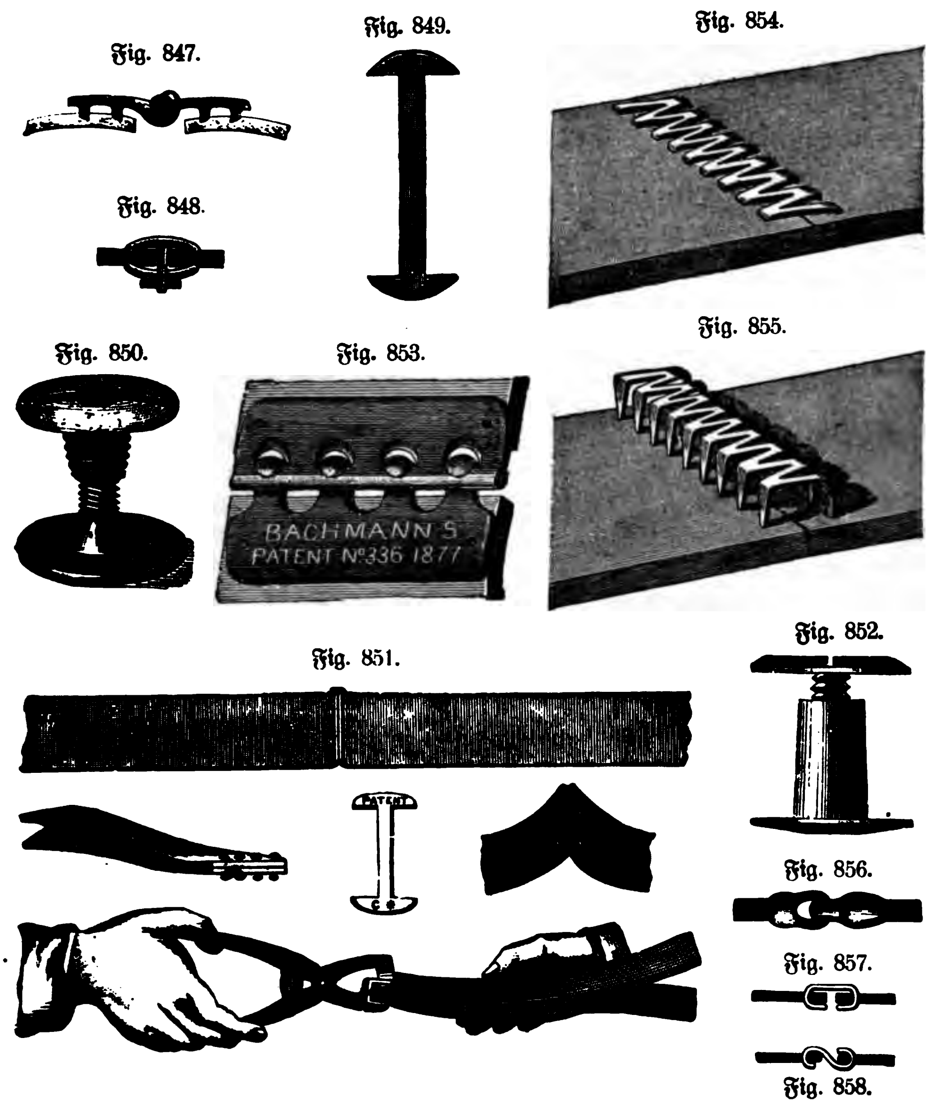


Fig. 847. Fig. 848. Fig. 849. Fig. 850. Fig. 851. Fig. 852. Fig. 853. Fig. 854. Fig. 855. Fig. 856. Fig. 857. Fig. 858.

(Fig. 856) oder einfach durch Drahthaken (Fig. 857 und 858) verbunden werden und auf Scheiben laufen, welche am Rande mit einer Nut versehen sind (Fig. 859). Die Schlößchen sind mit einem Gewinde versehen und werden auf die Enden der Lederschnüre mit einer Zange aufgeschraubt. Beim Aufschrauben auf Saiten erhitzt man sie vorher etwas, um das Einprägen der Gewindegänge in

[1]) Greenes Riemenverbinder (Fig. 851) nebst Riemenzangen (Preis 3 Mk.) liefern Delisle u. Ziegele, Stuttgart, ebenso Bristols Patentstahlriemenverbinder (Fig. 854), die Schachtel zu 3,75 bis 7,50 Mk.

die Saiten zu erleichtern[1]). Im Notfall können auch Hanfschnüre gebraucht werden, eventuell einfach mit Faden zusammengebunden oder vernäht, oder mit Siegellack in Schlößchen eingekittet; doch haben sie die unangenehme Eigenschaft, sich bei trockener Luft beträchtlich zu verlängern. Man kann sie durch Benetzen mit einem Schwamm wieder verkürzen, doch nur vorübergehend, da das Wasser bald wieder verdunstet.

Bei starken Übersetzungen, bei welchen der eine Schnurlauf sehr klein gemacht werden muß, reicht die Reibung der Schnur in der Nut nicht mehr aus, man muß sie deshalb durch eine Kette (Fig. 862 und 863) ersetzen oder Zahnradübertragung wählen[2]).

Sind treibende und getriebene Wellen nicht parallel, sondern rechtwinklig oder schräg zueinander, so entstehen im Falle der Riemen- oder Schnurübertragung keine weiteren Schwierigkeiten[3]). Im Falle der Zahnradübertragung verwendet man Kron-, Kegel- oder Schneckenräder (Fig. 865 bis 867).

Ist die direkte Übertragung unmöglich, so hilft man sich durch Einschiebung von Zwischenrollen, wie Fig. 868 andeutet.

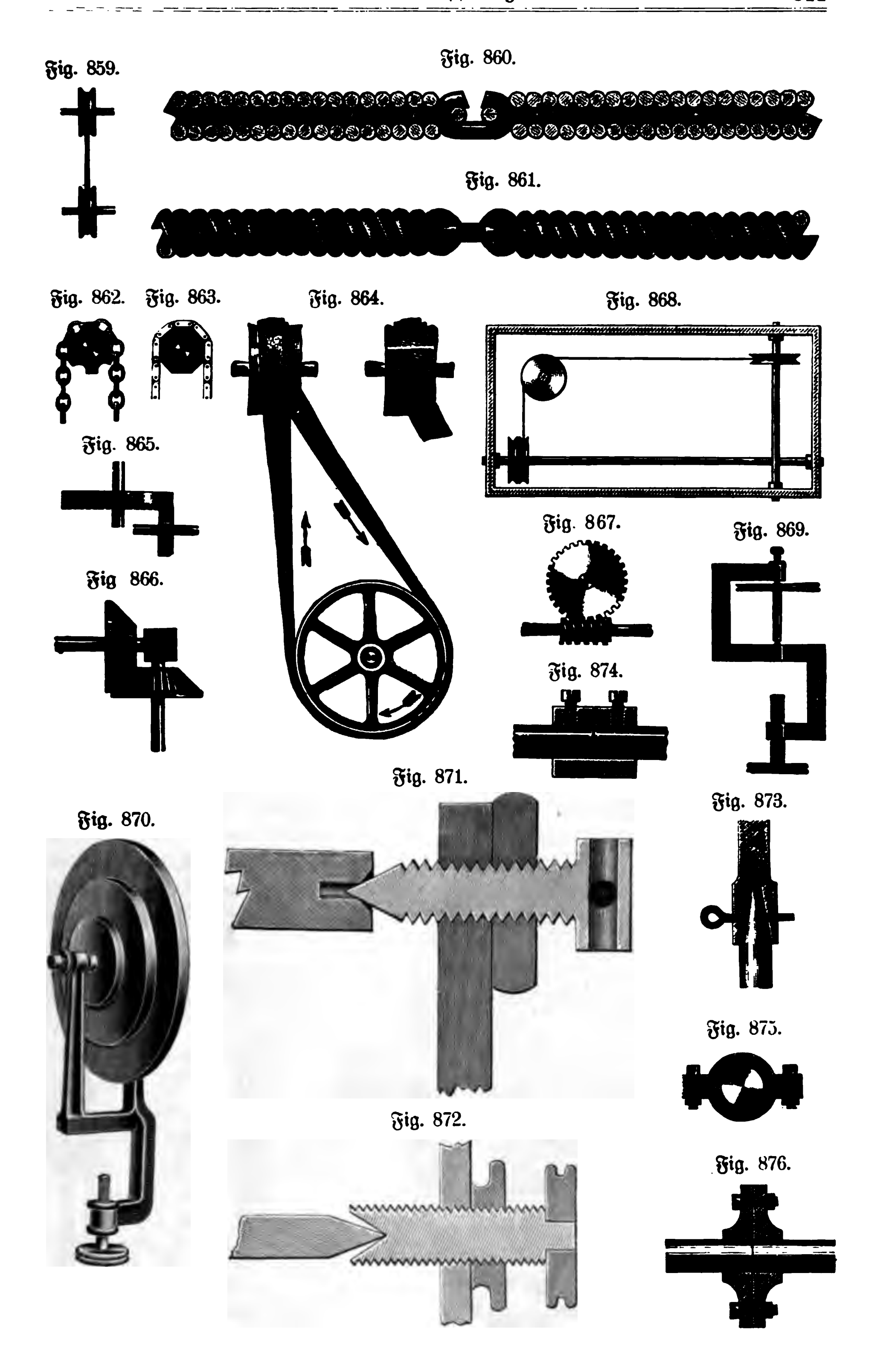
Die Fig. 869 und 870 zeigen solche für sehr schwache Kräfte bestimmte an den Tisch anzuschraubende Rollen (K, 13,5; 8,5). Die Rollen laufen, damit sie sehr leicht beweglich werden, an den Spitzen stählerner, durch die Backen gehender Schrauben mit Kopf. Die Achse erhält beiderseits eine konische Vertiefung, deren Spitze mittels eines sehr feinen Bohrers weggebohrt wird (Fig. 871). Der scharfe Rand, in welchem beide Vertiefungen zusammenstoßen, muß sehr rein sein. Bohrt man den Grund der Vertiefung nicht weg, so erhält man auch bei weniger guter Arbeit eine geringe Reibung, aber eine sehr unsichere Lage der Achse, weil man hier die Spitze der Achse auf der Mantelfläche der konischen Vertiefung laufen lassen muß, wenn man dieselbe auch der Spitze der Vertiefung möglichst nähert (Fig. 872).

An den konischen Öffnungen muß die Rolle ihre letzte Abdrehung erhalten. Die Spitzen der Schrauben liegen frei in der ausgebohrten Vertiefung, müssen aber einem spitzigeren Kegel angehören als die kegelförmigen Erweiterungen der Achse, so daß diese nur mit dem Rande, wo die Erweiterung in die cylindrische Bohrung übergeht, auf dem wohlpolierten Kegel der Schraube aufsitzt. Die Schrauben werden in diesem Falle glashart gemacht und es wird ihnen sorgfältig die Stellung gegeben, in welcher sie weder die Achse drücken, noch diese zwischen ihnen schlottern kann. Oft ist es hierfür sogar nötig, die richtige Stellung der Schraube durch eine zweite Schraubenmutter festzustellen, wie es Fig. 871 zeigt. Zuweilen findet man auch die Achse der Rolle gearbeitet wie in Fig. 872. Allein die Führung der Rolle ist hier wie gesagt weniger sicher.

c) Direkte Kuppelung. In manchen Fällen kann der zu treibende Apparat mit einem Elektromotor oder Vorgelege direkt gekuppelt werden, d. h. so, daß die eine Achse die Verlängerung der anderen bildet. Genügt, wie es bei kleinen Apparaten der Fall ist, eine steife Kuppelung, so kann man dieselbe nach Anleitung der Fig. 873, 874, 875 und 876 ausführen. Sind die Achsen nicht

---

[1]) Darmsaiten und Darmschnüre liefert E. Segelbach, Schöneberg bei Berlin, Hauptstr. 57; Stahlschnüre G. Pickhardt, Mech. Drahtwarenfabrik, Bonn a. Rh., für 100 bis 180 mm Scheibendurchmesser und 3 bis 7,7 kg Spannung (Fig. 860 u. 861) — [2]) Geräuschlose elastische Zahnräder liefert C. A. Loewe, Berlin N. 4, Invalidenstr. 12. — [3]) Im Falle der Halbkreuzübertragung (Fig. 864) empfehlen sich einseitig stärker dehnbare Riemen, wie sie die Treibriemfabrik von Otto Gehrkens in Hamburg liefert.


Fig. 859. Fig. 860. Fig. 861. Fig. 862. Fig. 863. Fig. 864. Fig. 868. Fig. 865. Fig. 866. Fig. 867. Fig. 869. Fig. 874. Fig. 871. Fig. 870. Fig. 873. Fig. 875. Fig. 872. Fig. 876.

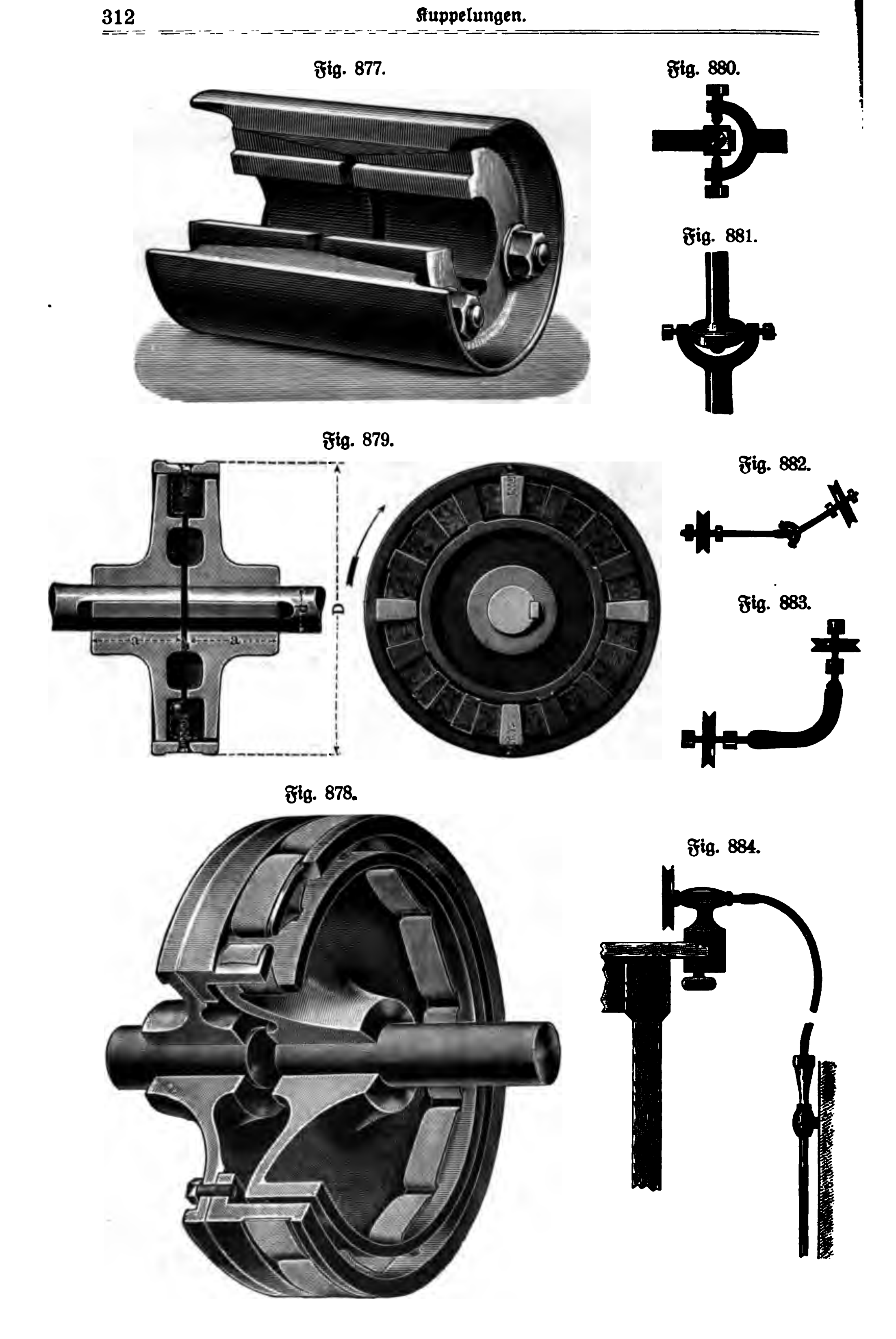


Fig. 877.

Fig. 880.

Fig. 881.

Fig. 879.

Fig. 882.

Fig. 883.

Fig. 878.

Fig. 884.

genau gleich stark, so ist die Sellers-Kuppelung verwendbar, bestehend aus zwei aufgeschlitzten Kegeln, welche in eine doppelt konische Hülse mittels dreier Schrauben hineingepreßt werden [Fig. 877][1]).

In den meisten Fällen muß aber die Kuppelung, weil keine vollkommene Übereinstimmung der Wellenachsen stattfindet, eine nachgiebige sein, wie sie z. B. erzielt wird, indem auf die Wellenenden durchlochte Scheiben aufgekeilt werden, durch deren Bohrungen ein Riemen hindurchgezogen wird. Eine derartige Kuppelung [2]) zeigt z. B. Fig. 878.

Eine andere Art [3]) besteht darin, daß vorragende Zähne der einen Scheibe zwischen die der anderen ragen und durch elastische Zwischenlagen eine Verbindung hergestellt wird, wie Fig. 879 zeigt.

Weichen die Wellenrichtungen stark voneinander ab, so fügt man ein Gelenk ein, welches sich um zwei zueinander senkrechte Achsen bewegen läßt, wie die Fig. 880, 881 und 882 erkennen lassen, oder eine biegsame Welle, bestehend aus einer in einen Lederschlauch eingenähten starken Stahldrahtspirale (Fig. 883 und 884). Die letztere zeigt, wie man mittels einer solchen biegsamen Welle von einer aus dem Fußboden kommenden, eventuell der Wand entlang laufenden Transmissionswelle die Bewegung nach dem Experimentiertisch übertragen kann. Die Befestigung an dem Wellenende kann einfach durch eine Konusverschraubung geschehen, ähnlich den zur Verbindung von Rohrleitungen bestimmten, doch muß sich in dem konischen Ende der Welle da, wo der hineingesteckte Zapfen endet, eine seitliche Bohrung befinden, um, falls sich der Zapfen beim Anziehen der Schraube, wie es in der Regel geschieht (namentlich wenn der Konus sehr schlank ist), allzufest eingeklemmt hätte, denselben durch Eintreiben eines als Keil wirkenden konischen Stiftes in diese seitliche Bohrung wieder herausdrücken zu können.

d) Ausrücker. Den Hähnen einer Wasser- oder Luftleitung und den Ausschaltern der elektrischen Leitung entsprechen bei der Transmission die Vorrichtungen zum Ein- und Ausrücken und die lösbaren Kuppelungen [4]). Im Falle der Riemenübertragung verwendet man zu diesem Zwecke, wie Fig. 887 andeutet, eine Leerscheibe, welche nicht auf der zu treibenden Achse befestigt ist, so daß, wenn durch den gabelartig geformten Ausrücker der Riemen auf sie hinübergeschoben wird, eine Übertragung der Bewegung nicht mehr erfolgt. Durch eine federnde Sperrvorrichtung wird dafür gesorgt, daß der Ausrücker die ihm gegebene Lage nicht von selbst verändern kann.

Bei Übertragung kleiner Leistungen durch Schnüre genügt manchmal zum Ein- und Ausrücken eine Spannrolle, Fig. 888 und 889.

Gefährlich ist das Einrücken durch Auflegen eines Riemens auf eine im Lauf befindliche Scheibe. Zur Vermeidung von Unfällen hat man zu diesem Zwecke besondere Riemenaufleger [Fig. 890][5]) konstruiert.

Das Abwerfen des Riemens erfolgt einfach durch Andrücken eines Holzstabes, worauf der Riemen herabfällt.

---

[1]) Zu beziehen von der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-Aktiengesellschaft, Dessau-Berlin NW., Moabit. — [2]) Zu beziehen von J. M. Voith, Maschinenfabrik, Heidenheim a. d. Brenz, Wttbg. — [3]) Zu beziehen von G. Polysius, Eisengießerei und Maschinenfabrik, Dessau. — [4]) Reibungskuppelungen nach Fig. 885 u. 886 liefern Th. und Ad. Frederking, Leipzig-Lindenau; G. Polysius, Dessau. — [5]) Zu beziehen von Sonnenthal, Berlin; Gust. Pickhart, Bonn; J. Soeding und v. d. Heyde, Hoerde i. W.

Fig. 885.

Fig. 887.

Fig. 888.

Fig. 886 a.

Fig. 886 b.

Fig. 889.

Fig. 892.

Fig. 893.

Fig. 895.

Fig. 894.

Fig. 890.

Fig. 891.

Bei der direkten Kuppelung dienen Scheiben, welche sich durch Zähne, Klauen oder lediglich durch Reibung[1]) festhalten und im Bedarfsfalle auseinander gezogen werden (Fig. 885, 886, 892, 893, 894).

Ist es nicht nötig, das Ein- und Ausrücken während des Betriebes vorzunehmen, so genügt bei Riemenübertragung die Riemen abzunehmen oder aufzulegen. Im Falle der Zahnradübertragung kann man das eine Rad, wie Fig. 895 andeutet, auf seiner Achse verschiebbar machen, indem man den Keil durch ein genügend langes Prisma ersetzt. Diese Art lösbarer Kuppelung entspricht den Stöpselausschaltungen bei elektrischen Leitungen.

e) Umsteller. Durch lösbare Kuppelungen kann man ferner Vorrichtungen herstellen, welche den Kommutatoren bei elektrischen Leitungen analog sind, d. h. ermöglichen rasch die Umlaufsrichtung zu ändern. Im Falle der Riemenübertragung z. B. kann man zwei Leerscheiben zu beiden Seiten der zu treibenden Scheibe und zwei Riemen anbringen, von welchen der eine gekreuzt ist und die beiden Ausrücker so verkuppeln, daß beim Ausrücken des einen der andere

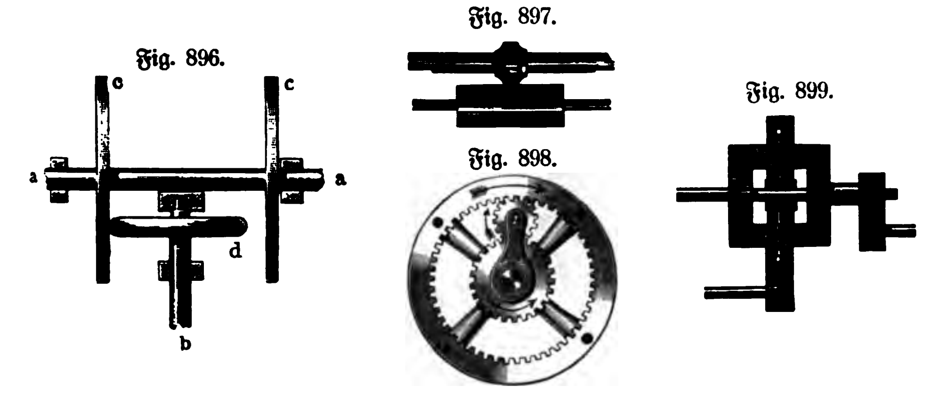


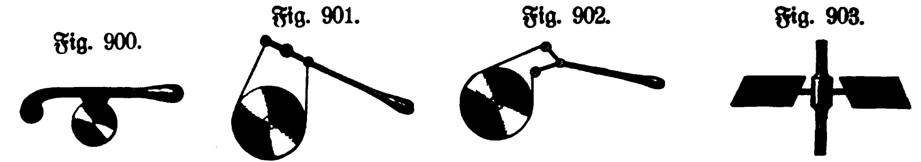
Fig. 896. Fig. 897. Fig. 898. Fig. 899.

Riemen eingerückt wird. Einfacher wird eine Leerscheibe zwischen zwei entgegengesetzt umlaufenden, durch Winkelräder von einem Zahnrad angetriebenen Riemscheiben benutzt. Bei der Umstellvorrichtung mit Friktionsscheiben (Fig. 896), kommt, je nachdem man die verschiebbare, rotierende Welle *aa* nach links oder rechts rückt, die eine oder andere der beiden Friktionsscheiben *cc* mit der Scheibe *d* der Welle *b* in Berührung. Die Verschiebbarkeit der Welle *aa* kann nach Fig. 897 in der Weise bewirkt werden, daß das treibende Zahnrad zu einer Walze verbreitert oder, wie die gleiche Figur andeutet, das Prisma auf der Welle verlängert und das Rad auf dieselbe nur lose aufgesetzt ist. Bei Zahnradübertragung sind *c*, *d*, *c* dauernd eingreifende Winkelräder, *c* und *c* sitzen lose auf *a* und werden abwechselnd damit gekuppelt. Bei Fig. 898 (899) haben die Räder (Wellen links) entgegengesetzte Umlaufsrichtung, und je nachdem man das (die) eine oder andere durch eine lösbare Kuppelung betätigt, während das (die) nicht benutzte festgehalten wird, empfängt die

[1]) Eine lösbare Bürstenkuppelung liefert G. Luther, Braunschweig. Um ein selbsttätiges Ausrücken der Kuppelung zu hindern, muß im allgemeinen der Einrückhebel während des Betriebes entsprechend belastet werden. Bei der von der Berlin-Anhaltischen Maschinenbau-Aktiengesellschaft in Dessau gebauten Reibungskuppelung ist dies nicht nötig, da eine einschnappende Feder die selbsttätige Trennung der Kuppelungshälften hindert. Bei der Reibungskuppelung von Tolch u. Co., Fulham SW., werden die Scheiben während der Bewegung durch eine Spiralfeder zusammengedrückt (Fig. 891).

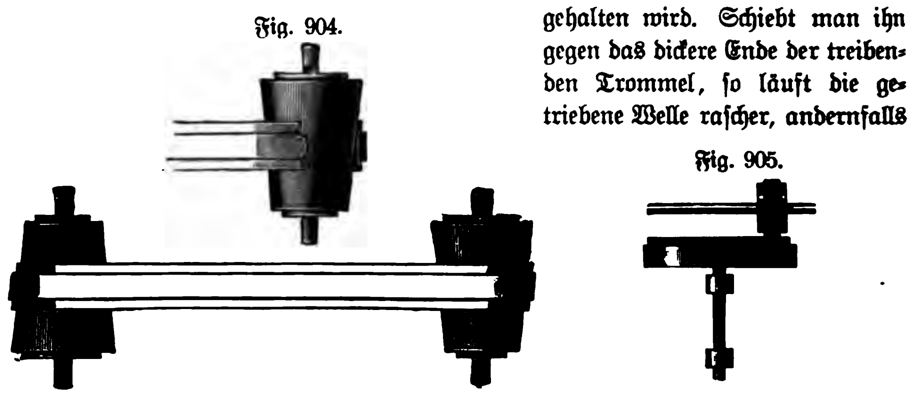
zu treibende Welle (in Fig. 898 die Kurbel mit Satellitenrad, bei Fig. 899 die Welle unten rechts) einen Antrieb nach der einen oder anderen Seite.

f) Bremsen. Vorrichtungen, welche geeignet sind, die übertragene Bewegung zu dämpfen, also den Rheostaten der elektrischen Leitungen verglichen werden können, sind die Bremsen, wie solche die Fig. 900, 901 und 902 zeigen. Für

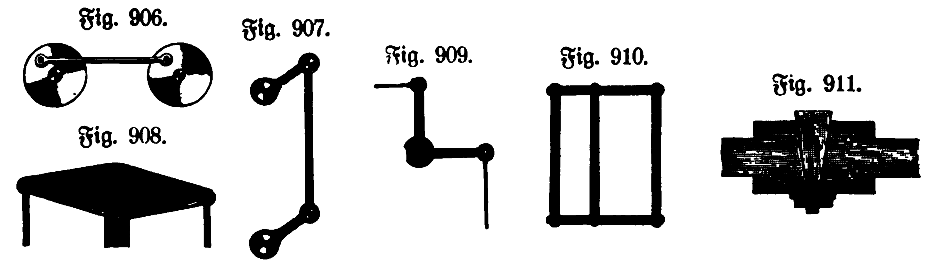

Fig. 900. Fig. 901. Fig. 902. Fig. 903.

sehr rasche Drehungen von geringer Kraft eignen sich Windflügel, welche durch einen geeigneten Mechanismus während der Bewegung mehr oder weniger schief zur Achse gestellt werden können (Fig. 903).

g) Geschwindigkeitsregler. Durch Bremsen wird ein mehr oder minder großer Teil der Bewegung zerstört. Soll dies nicht stattfinden, so kann man die Riemscheiben ersetzen durch zwei entgegengesetzte konische Trommeln (Fig. 904), auf welchen der Riemen durch den Umschalter in bestimmter Stellung gehalten wird. Schiebt man ihn gegen das dickere Ende der treibenden Trommel, so läuft die getriebene Welle rascher, andernfalls


Fig. 904. Fig. 905.

langsamer (vgl. S. 310, Anm. 3). Einfacher ist die in Fig. 905 dargestellte, mit Leder überzogene Friktionsscheibe, welche die Bewegung auf eine kleine, gleichfalls belederte Rolle überträgt. Je nachdem man diese mehr der Mitte oder dem Rande der treibenden Scheibe nähert, wird ihre Bewegung langsamer oder rascher.


Fig. 906. Fig. 907. Fig. 908. Fig. 909. Fig. 910. Fig. 911.

h) Kuppelungsstangen. Eine weniger zweckmäßige, aber in besonderen Fällen doch brauchbare Art der Übertragung drehender Bewegungen ist die durch Kuppelungsstangen (Fig. 906 und 907), wobei eigentlich zunächst Umwandlung in hin und her gehende Bewegung der Stange und Rückumwandlung dieser Bewegung in Drehung stattfindet. Ähnlich ist die Übertragung mittels eines

Wagebalkens (Fig. 908) oder Winkelhebels (Fig. 909). Der Pantograph (Storchschnabel) (Fig. 910) würde ermöglichen, auf solche Art verschieden lange Kurbeln zu kuppeln. Ausrückungs- und Umsteuerungsmechanismen lassen sich bei Verwendung von Kuppelungsstangen besonders einfach ausführen, finden aber nur selten Anwendung. Fig. 911 zeigt eine Art der Verbindung längerer Kuppelungsstangen.

i) **Tourenzähler und Tachometer.** Zum Messen der Umdrehungsgeschwindigkeit dienen **Tourenzähler** verschiedener Art [1]). Einen ganz einfachen

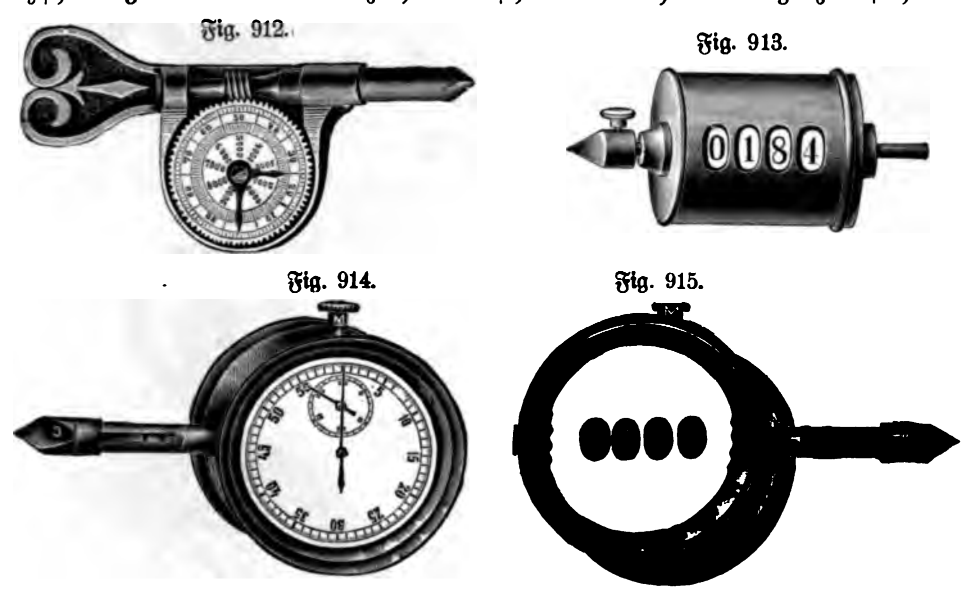


Fig. 912. Fig. 913. Fig. 914. Fig. 915.

zeigt Fig. 912. Die Spitze wird an den Körnerpunkt der umlaufenden Welle angedrückt. Bequem ist die etwas kompliziertere Form, bei welcher nach je 100 Umdrehungen eine Glocke anschlägt. Fig. 913 zeigt einen Taschenrotationszähler [2]), bei welchem die Zahlen sehr leicht abgelesen werden können [3]).



Fig. 916.

[1]) Zu beziehen von **Sonnenthal**, Berlin. — [2]) Zu beziehen von **Hommel** in Mainz zum Preise von 28 Mk. — [3]) Tourenzähler in Uhrform, nach **May**, welche auch nach Aufstecken eines Meßrades zur Längenmessung benutzt werden können, liefern **Hartmann und Braun** in Frankfurt a. M. zu 25 Mk.; **Sonnenthal** in Berlin zu 62 Mk. (Fig. 921). Rotationszähler in Verbindung mit einem Uhrwerk (**Chronograph**), dessen Zeiger durch Druck auf einen Knopf zum Stillstand oder auf 0 gebracht werden kann (Fig. 914 bis 916), liefert **James Jaquet**, Saint Imier, Schweiz und **Sonnenthal**, Berlin. Ferner liefern Tourenzähler: **M. Anton**, Manometerbauanstalt und mechanische Werkstätte, Halle a. S., Brandenburgerstraße 10; **R. Gradenwitz**, Mechanische Werkstätte

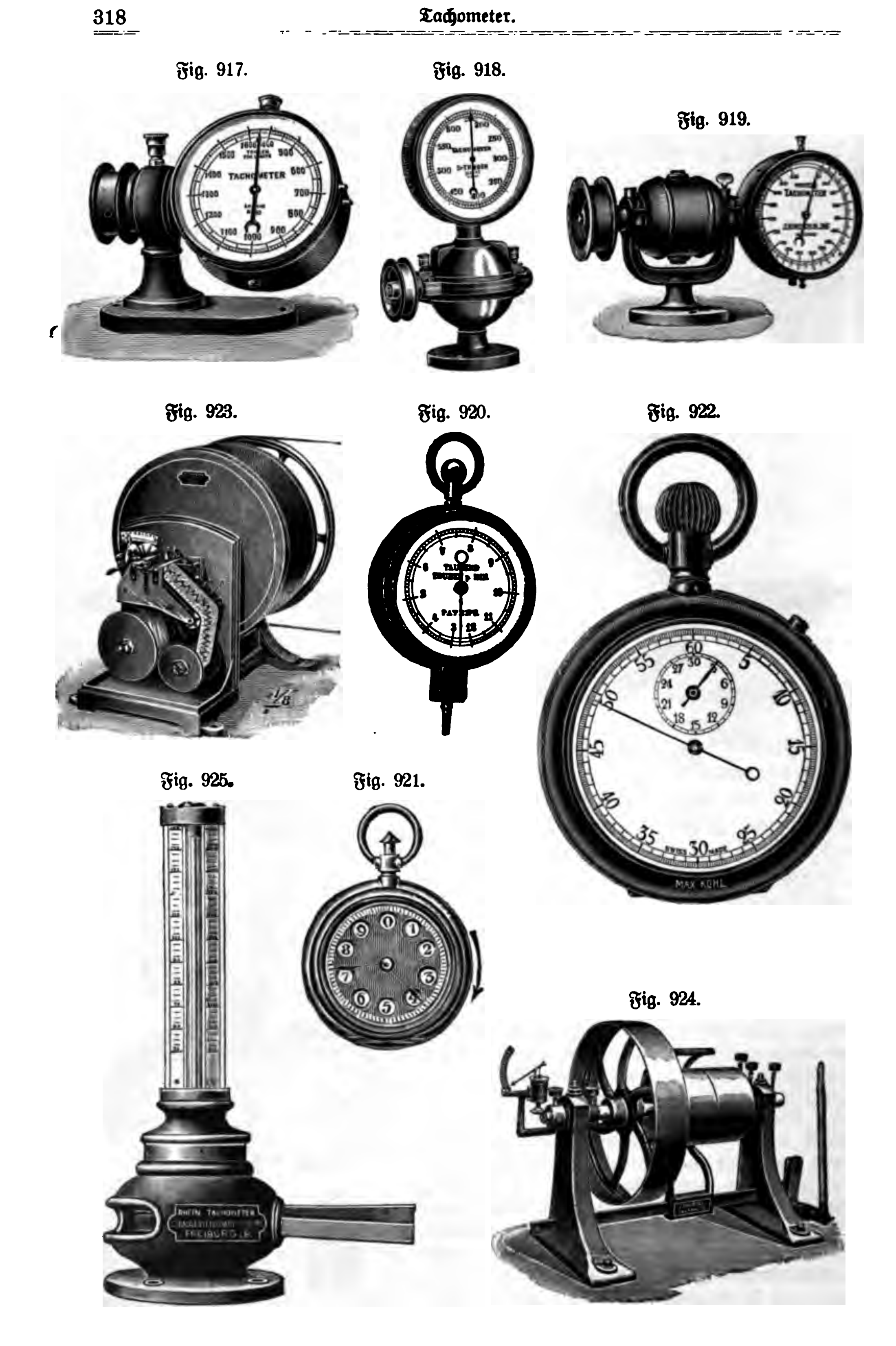


Fig. 917. Fig. 918. Fig. 919.

Fig. 923. Fig. 920. Fig. 922.

Fig. 925. Fig. 921.

Fig. 924.

Tachometer (Fig. 917, 918 und 919) sind Instrumente, welche nicht die Umdrehungszahl, sondern die Umdrehungszahl pro Sekunde angeben [1]).

Fig. 926.



Bei dem Gyrometer von Braun [2]) rotiert eine mit Glycerin gefüllte geschlossene Röhre und die Umdrehungsgeschwindigkeit wird nach der Senkung des Flüssigkeitsspiegels beurteilt [3]).

k). **Kraftmesser** nach Fig. 926 zum selbsttätigen Messen und Registrieren des Kraftgebrauchs liefert die Leipziger Werkzeugmaschinenfabrik vorm. W. v. Pittler, A.-G., Leipzig-Wahren; eine andere Form E. Tischinger, Dresden A, Johann-Georgenallee 13.

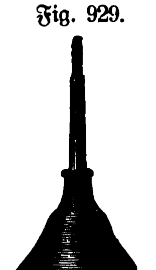
62. **Montieren und Reinigen der Apparate.** Ein großer Teil der Apparate wird in der Sammlung im zerlegten Zustande aufbewahrt, um Raum zu sparen, oder wird aus Teilen zusammengesetzt, die mehreren Apparaten gemeinschaftlich sind. Es muß sich somit im Vorbereitungszimmer alles Werkzeug befinden, welches zur Montierung von Apparaten häufiger gebraucht wird: verschiedene Arten Hämmer, Zangen, Rohrzangen, Schraubenzieher, Schraubenschlüssel, Sägen, Feilen, Bohrer,

Fig. 927. Fig. 928.



Ahlen, Scheren, Spirituslampe (Fig. 927), Siegellack u. s. w. Man bringt dasselbe am besten an Wandbrettern über einer Werkbank am Fenster an.

Fig. 929.



In der Nähe befindet sich ein Schrank mit Schmiermaterialien und Reinigungsutensilien, also namentlich Ölkannen (Fig. 928), kleinere Ölspritzkannen (Fig. 929), Petroleumkannen (Fig. 930, Sonnenthal,

---

und Apparatenbauanstalt, Berlin S., Dresdenerstr. 38; W. Handke, Mechanische Werkstätte, Berlin N., Lottumstr. 12; W. Maeß, Feinmechaniker und Optiker, Dortmund, Westenhellweg 96; E. Preisinger, Werkstätte für wissenschaftliche Instrumente, München, Sendlingerstr. 52; Württemb. Uhrenfabrik von J. Bürks u. Sohn, Schwenningen. — [1]) Solche, sowie Tachographen, d. h. Instrumente, welche graphische Darstellungen ergeben (Fig. 923), liefern Sonnenthal, Berlin; Dr. Th. Horn, Großzschocher-Leipzig; Fuchs u. Sohn, Uhrmacher und Mechaniker, Bernburg, Langestr. 20; C. Oetling, Mechanische Werkstätte, Dresden, Sedanstr. 37.; W. Morell, Leipzig-R., Lutherstraße. Bei den neueren Handtachometern von Dr. Th. Horn, Großzschocher (Fig. 920) werden je nach dem ausgeübten Druck verschiedene Übersetzungsverhältnisse eingeschaltet, so daß keine Beschädigung durch plötzliches Ansetzen an sehr rasch umlaufenden Wellen eintreten kann und Messungen zwischen 100 und 12000 Umläufen pro Minute gemacht werden können (Preis 85 bis 120 Mk.). — [2]) Zu beziehen von R. Gradenwitz, Mechaniker und Apparatenbauanstalt, Berlin S., Dresdenerstr. 28. — [3]) C. G. Haubold jun., Maschinenfabrik in Chemnitz, liefert eine modifizierte Form, bei welcher durch einen Schwimmer und Hebelübersetzung die Ablesung an einer feststehenden Skala ermöglicht wird, wie Fig. 924 zeigt. Als Schwimmer kann auch eine leichtere Flüssigkeit in einer engen Röhre dienen. Solche Bifluid-Tachometer (Fig. 925) sind zu beziehen von der Rheinischen Tachometerbau-Gesellschaft in Köln a. Rh.

Berlin), Lanolin, Vaselin, Politur, Talg, Hahnfett, konsistentes Fett, Quecksilberbüchsen, Filtrierpapier, Schmirgelpapier, Putzpomade, Putzwolle, Putztücher, Putzhölzer, Schwämme, feine Leinwand, Federn, Holz- und Ebonitstäbe zum Putzen von Glasröhren, Baumwolle, Korke, Korkpresse (Fig. 931), Hakendrähte, Gläserbürsten (Fig. 932, Kähler u. Martini, Berlin), Staubpinsel (Fig. 934), Staubblasbalg (Fig. 933,

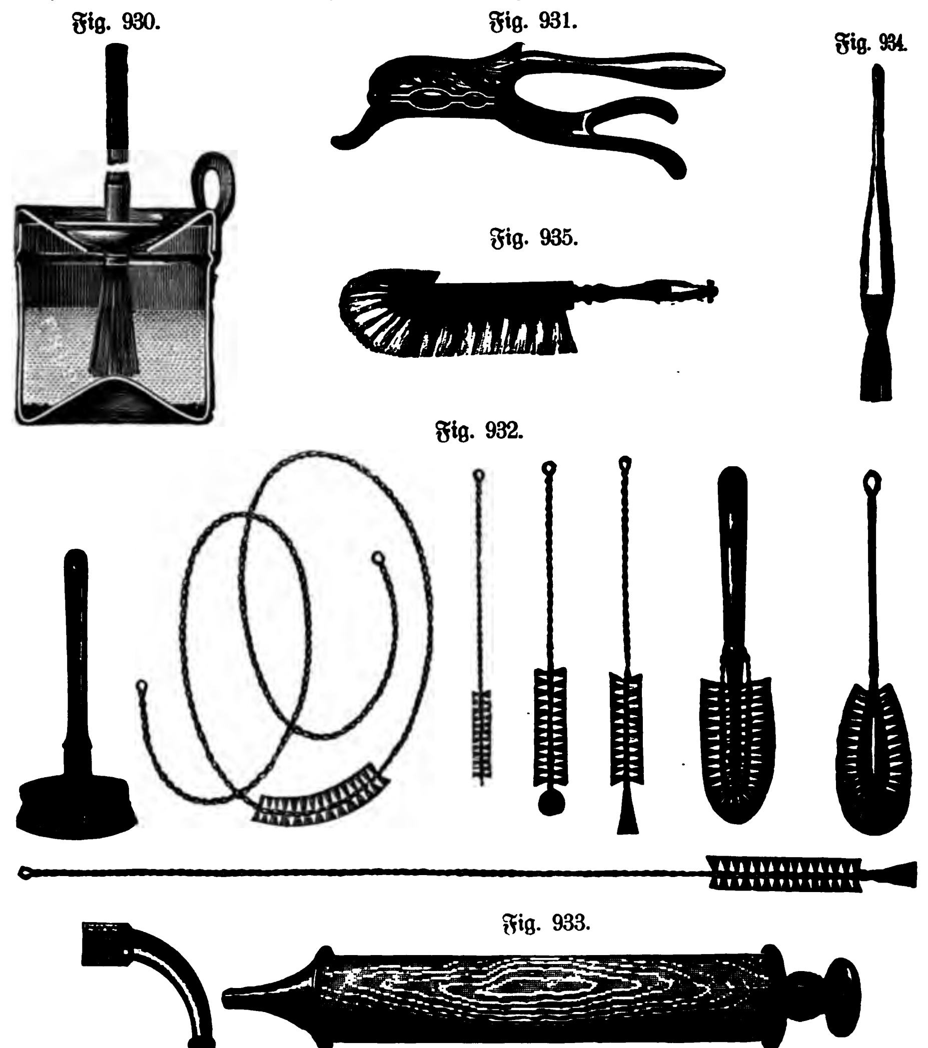


Fig. 930. Fig. 931. Fig. 934. Fig. 935. Fig. 932. Fig. 933.

Böffinger u. Schäfer, Frankfurt a. M.), Hasenpfoten (zum Zusammenwischen von Quecksilber, Gansflügel zum Abstauben, Federwischer, Handfeger (Fig. 935) mit Schaufel u. s. w.[1]).

[1]) Waschbare Putztücher, aus Seidenabfällen gewoben, Größe 40 bis 60 cm, gesäumt, das Gros zu 22,50 Mk., liefert Max Groß in Stuttgart; baumwollene Putztücher, Format 48 bis 50 cm, das Gros zu 16 Mk.; gekämmte Putzfäden zu 45 bis 78 Mk. für 100 kg. Letztere beziehe ich von der Gesellschaft für Spinnerei und Weberei in Ettlingen. Carl Hoffmann, chemische Fabrik, Berlin S. 42, liefert Dauerputztücher (das Stück zu 30 Pfg.), mit welchen einfach durch schnelles Reiben alle Metalle blank geputzt werden können. Sebonaphtha zur Einfettung von Stahlwaren liefert H. Förster in Frank-

Anleitung zum Montieren der Apparate wird, soweit nötig, bei Besprechung derselben gegeben. Bezüglich der Reinigung ist im allgemeinen folgendes zu bemerken:

Rostflecken auf Eisenteilen beseitigt man mit Schmirgelpapier, welches in jeder Feinheit im Handel zu bekommen ist, eventuell, wenn ebenflächige mit scharfen Kanten versehene Flächen zu reinigen sind, mit Schmirgelfeilen, welche man mit Wasser benetzt und wie gewöhnliche Feilen handhabt. Oft genügt auch Schmirgelpapier, um eine gewöhnliche feine Feile gewickelt, oder ein Streifen Schmirgelpapier, auf ein viereckiges Holzstäbchen aufgeklebt. Kann man gerade kein Schmirgelpapier von geeigneter Feinheit erhalten, so streicht man einen Brei aus Schmirgel und Öl auf eine Lederfeile oder auf ein Holzstäbchen auf. Auch kann man sich Schmirgelpapier, freilich kein sehr gutes, selbst herstellen. Man bestreicht gutes Schreibpapier gleichförmig aber dünn mit starkem Leim, beutelt dann gleichförmig Schmirgel darauf, schlägt den Bogen zu, so daß die bestreuten Seiten gegeneinander zu liegen kommen und läßt dann mehrere Bogen zugleich zwischen zwei Brettern unter mäßigem Druck trocknen. Den überflüssigen, nicht angeleimten Schmirgel schüttelt man nachher aus.

Der häufigste Fall ist der, daß Metallteile von harzig gewordenem Öl zu reinigen sind. Es geschieht dies, nachdem die gröbsten Krusten mittels eines Holzspatels oder eines alten Messers (Kittmessers) entfernt sind, in einfachster Weise durch Einlegen in Petroleum und, wenn nötig, durch Abbürsten mittels kleiner steifer Bürsten aus Borsten oder Draht. Namentlich die gewöhnlich zur Reinigung der Feilen benutzten Kratzbürsten können (z. B. zur Reinigung des Gewindes an größeren Schrauben) wohl Verwendung finden.

Sehr hartnäckig haftende, harzige Überzüge können in heißem Seifenwasser (Schmierseife, venetianische Seife) oder heißer Sodalauge entfernt werden. Man gießt diese in einen blechenen Eimer und läßt die Gegenstände so lange darin verweilen, bis sie gut durchwärmt sind und beim Abreiben mit Putzwolle die Unreinigkeiten sich leicht ablösen. Zur Entfernung der Seife werden sie dann in reinem Wasser gut abgespült, getrocknet, mit Petroleum und schließlich mit Öl abgerieben. Sehr feine Teile legt man für einige Zeit in Petroleumäther und reibt sie dann mittels eines weichen Lappens ab, doch wird auch hier häufig Seife angewandt, indem man die Teile mit einer nassen, über ein Stück Seife gestrichenen Bürste bürstet und dann abwäscht.

Enthält eine Platte, wie z. B. bei Uhrwerken, Löcher für Räderzapfen, so putzt man diese mittels eines zugespitzten weichen Holzstäbchens (Putzholz), welches man mehrmals darin herumdreht, neu zuspitzt, nochmals einführt u. s. w.[1]).

Angelaufenes poliertes Messing reinigt man mit verdünntem Alkohol und Schlemmkreide durch Überreiben mit einem weichen, nicht fasernden, leinenen Lappen oder Überbürsten mit den zu diesem Zwecke käuflichen Bürsten, eventuell auch mit

urt a. M.; Putzmaterialien verschiedener Art Gründig und Horeld, Chemnitz i. S.; Metall-Putz-Glanz Amor v. Lubszynski u. Co. in Berlin. Putztücher aus Seidenabfällen liefern ferner Friedr. Dürr Söhne, Stuttgart. Ein Rostschutzmittel für blanke Metallteile (Ferronat) liefern Rosenzweig u. Baumann in Kassel; ein anderes (Antisol) Friedr. Dürr Söhne, Chemische Fabrik in Stuttgart. Einen Blasbalg zum Staubentfernen von Maschinen nach Fig. 933 ist zu haben bei H. Hommel, Mainz, zu 3 bis 7 Mk. — [1]) C. Bauer in München, Frauenstr. 19, liefert feines Maschinenknochenöl 1 kg zu 2,2 Mk., Uhrenöl das Fläschchen zu 0,5 Mk., Taschenuhrenöl im Fläschchen zu 1 Mk.

einer Zahnbürste. Sehr feine Teile werden schließlich noch mit einer ganz reinen Bürste, welche man zuvor auf gebranntem Knochen, dann auf trockener Semmel und schließlich auf reinem, festem Papier, das man dabei um eine scharfe Kante legt, abgerieben hat, abgezogen. Am bequemsten ist in den meisten Fällen die Verwendung der überall käuflichen Putzpomade.

Zum Reinigen weniger feiner Messingwaren wird häufig zunächst Vitriolöl (konzentrierte Schwefelsäure) oder Oxalsäure verwendet.

Feine Stahlteile werden mittels einer Lederfeile und Polierrot neu poliert.

Holzteile, welche mit einer starken Schmutzschicht bedeckt sind, schabt man mit einer sogenannten Ziehklinge oder einem Glasscherben mit scharfem Rande ab.

Polierte Holzteile werden entweder einfach mittels eines großen Haarpinsels oder eines weichen Besens von Staub befreit und mit einem weichen Lappen abgerieben oder man übergeht sie noch mit einem schwach mit Petroleum oder Leinöl befeuchteten Lappen. Ist die Politur sehr trübe geworden, so kann man auch den Lappen dünn mit einem Brei von mit Benzin zusammengeschmolzenem Wachs bestreichen und diesen so lange verreiben, bis Glanz erscheint. Das eigentliche Aufpolieren mit Schellacklösung, welche mittels eines in ein Leinwandstückchen eingebundenen Wollbausches aufgerieben wird, erfordert Übung und ist also im allgemeinen nicht zu empfehlen.

Glasteile, wie Linsen, Plangläser, Spiegel u. s. w., sind gewöhnlich nur von Staub zu reinigen, da der, welcher sorgfältig mit Apparaten umgeht, diese Teile, wenn nicht ganz besondere Gründe vorliegen, nie mit den Fingern anfassen wird, und anderweitige Verunreinigung der Natur der Apparate nach meist ausgeschlossen ist. Den Staub entfernt man, wenn möglich, nur durch Überpinseln mit einem breiten Dachshaarpinsel. Ist auf solche Weise keine Reinigung zu erzielen, so verwendet man einen ganz reinen, weichen, leinenen Lappen zum Abreiben, bei jedem neuen Strich eine neue Stelle. Schließlich behaucht man die Linse und reibt sie nochmals ab. Genügt auch dies nicht, so kann man den Lappen zuvor mit Wasser benetzen, in welchem sehr fein zerteilte Schlemmkreide suspendiert ist, und alsdann erst einen trockenen Lappen verwenden. Fettig gewordene Gläser reinigt man am besten mit Seifenwasser, welches natürlich durch reines Wasser wieder sorgfältig abgespült werden muß. Manche Gläser ziehen stark Wasser aus der Luft an und bedecken sich mit einer dünnen Salzlösung, welche bei trockenem Wetter teilweise krystallisiert und dadurch Trübung verursacht. Dieselbe verschwindet beim Abwaschen.

Flaschen, Schalen, Reagenzgläser u. s. w., welche fettig geworden sind, reinigt man ebenfalls am besten mit Seife, womöglich mit warmem oder lauwarmem Seifenwasser (Schmierseife). Ist das Innere der Hand nicht direkt zugänglich, so bindet man an das Ende eines Holzstabes etwas Baumwolle oder einen leinenen Lappen oder eine geeignete Bürste, um die Innenfläche abreiben zu können. Im Handel sind übrigens für spezielle Zwecke, z. B. zum Reinigen der Reagenzgläser, eigens dazu angefertigte und geeignete Bürsten zu erhalten. Kann man auch mittels eines gebogenen Messingdrahtes mit Baumwolle nicht alle Stellen im Innern erreichen, so schüttet man Sand, Porzellankörner oder Schrot ein und läßt dieses durch Hin- und Herdrehen des Gefäßes an der Wand reiben. Letztere wird dabei einigermaßen zerkratzt, man wird also nur im Notfalle von

dieser Methode Gebrauch machen. Meist kann man die Reinigung übrigens durch rein chemische Mittel bewirken. Eine der häufigsten Verunreinigungen neben Fett ist kohlensaurer Kalk, der sich an den Gefäßwänden niedergeschlagen hat, wenn gewöhnliches Wasser längere Zeit darin aufbewahrt wurde. Solche Gläser fühlen sich im Innern rauh an. Etwas Salzsäure beseitigt die Rauhigkeit, d. h. den Kalkniederschlag, fast momentan. An der Stelle, wo sich das Wasserbecken zur Reinigung von Glasgefäßen befindet, muß deshalb auch eine Flasche mit roher Salzsäure aufgestellt sein. Ist das Gefäß mit Quecksilberoxyd verunreinigt, so darf nicht Salzsäure, sondern nur Salpetersäure verwendet werden. In anderen Fällen ist Kalilauge von großem Nutzen, welche aber nicht in Flaschen mit Glasstöpseln aufbewahrt werden darf, da sich der Glasstöpsel zu leicht festsetzt. Man verwendet also einen Kautschuk- oder Korkstöpsel. In manchen Fällen handelt es sich übrigens nicht um eine Verunreinigung, sondern Anätzung des Glases. Es bleibt dann, falls die Trübung störend ist, nichts anderes übrig, als das Glas durch ein neues zu ersetzen.

Glasröhren, welche im Innern mit einer Staubschicht bedeckt sind, reinigt man mittels eines Holzstabes, an dessen Ende ein Baumwollenbausch angebunden ist. Damit die Baumwolle fest hafte, sind in das Holz einige Kerben oder Widerhaken eingeschnitten oder einige kleine Messingnägel eingetrieben. Eiserne Nägel, Drähte u. s. w., überhaupt Körper, die härter sind als Glas und Risse in demselben verursachen können, dürfen nicht in das Innere von Glasröhren eingeführt werden. Man beobachtet in solchem Falle gar nicht selten das Phänomen der Bologneser Fläschchen, d. h. die Glasröhre zerspringt plötzlich, oft erst nach mehreren Tagen, in viele Stücke. Bei dickwandigen Glasröhren ist dies sogar die Regel, falls sie nicht ganz ausgezeichnet gekühlt sind.

Ist erforderlich, daß gereinigte und mit Regenwasser oder destilliertem Wasser nachgespülte Gefäße rasch trocken werden, so saugt man mittels des Wasserstrahlgebläses oder einer ähnlich wirkenden Vorrichtung Luft hindurch. Einblasen von trockener Luft würde den gleichen Erfolg haben, doch sind die Kautschukschläuche im Innern meist mit einem sich allmählich ablösenden, mehligen Überzug bedeckt, welcher vom Luftstrom mitgerissen wird, so daß neue Unreinigkeiten in das Gefäß hinein gelangen. Man befördert den Trocknungsprozeß, wenn man die Luft zuerst durch einen sogenannten Trockenturm, einen mit Chlorcalcium oder Schwefelsäure durchtränkten Bimssteinstücken gefüllten Cylinder hindurchgehen läßt, und auch indem man das Gefäß während des Durchströmens der Luft gelinde erwärmt. Ist die Zimmerluft stark staubhaltig, so kann immerhin auch beim Durchsaugen eine nicht unerhebliche Quantität von Staub in das Gefäß hinein gelangen. Man verhindert dies dadurch, daß man die Luft zunächst durch ein weites Glasrohr hindurchgehen läßt, in welchem sich ein Pfropf aus glyceringetränkter Baumwolle befindet.

Soll der Trocknungsprozeß sehr rasch erfolgen, so spült man das Gefäß nach der Anwendung des destillierten Wassers noch mit reinem absolutem Alkohol aus. Bei den Reinigungsutensilien muß also eine Flasche mit absolutem Alkohol stehen und eine zweite Flasche mit der Aufschrift „Alkoholreste", in welche man den gebrauchten Alkohol eingießt, der dann zu anderen Zwecken noch weitere Verwendung finden kann. Kommt es nicht auf absolute Reinheit, sondern nur auf möglichst rasches Trocknen an, so führt man nach der Spülung mit Alkohol noch eine Spülung mit wasserfreiem Äther aus, der die Alkoholschicht aufnimmt. Es

bleibt dann nur eine Schicht von Äther, die sehr leicht flüchtig ist. Man bedarf also noch einer Flasche mit reinem Äther und einer Flasche mit „Ätherresten".

Haben sich in einer Flasche oder einem Batterieglas u. s. w. Salzkristalle ausgeschieden, welche fest am Glase haften, so füllt man das Gefäß mit Wasser und setzt es mit der Öffnung nach unten ganz wie die Cylinder bei der pneumatischen Wanne auf eine Brücke in ein großes Gefäß mit Wasser, damit die gebildeten Schichten von Salzlösung nach unten sinken und durch die leichteren Schichten von reinem Wasser ersetzt werden. Man kann auch die Flaschen einfach in schiefer Lage gegen die Innenwand einer großen mit Wasser gefüllten Steingutschüssel anlehnen. Warmes Wasser befördert den Lösungsvorgang, doch können dickwandige Glasgefäße in warmem Wasser leicht springen.

Durch längeren Nichtgebrauch hart gewordene Kautschukstöpsel kann man durch Einsetzen in einen mit Terpentinöl- oder Schwefelkohlenstoffdämpfen erfüllten Raum wieder einigermaßen brauchbar machen, der Gebrauch erhält sie weich und elastisch. Schneider (1882) empfiehlt, solche hart gewordene Stöpsel mit fünfprozentiger Natronlauge, die oft durch frische ersetzt wird, zu behandeln, und zwar bei 40 bis 50° etwa zehn Tage lang. Alsdann muß die gebildete weiche Außenschicht abgeschabt werden.

Zur Füllung von Apparaten mit Flüssigkeiten oder Gasen sind eine Menge von Gefäßen und sonstigen Geräten notwendig, wie sie zu chemischen Arbeiten gebraucht werden. Zur Aufbewahrung dient ein Glasschrank, welcher im oberen Teile Glas- und Porzellansachen, wie Abdampfschalen, Bechergläser, Kolben, Trichter, Reibschalen u. s. w. enthält, im unteren Teile größere Schalen aus emailliertem Eisenblech, Kannen, Eimer u. s. w.

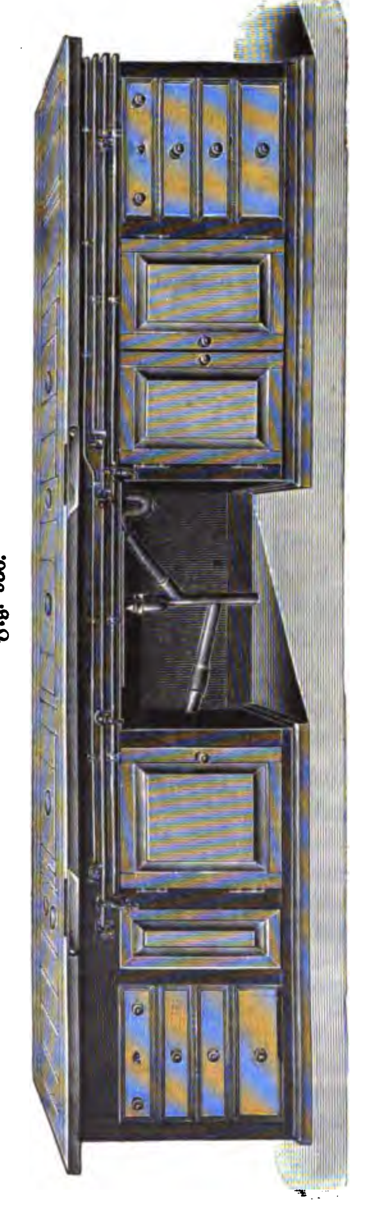
Ein weiterer Kasten enthält die am häufigsten gebrauchten Chemikalien: destilliertes Wasser, verdünnte Schwefelsäure, konzentrierte Schwefelsäure, Salzsäure, Salpetersäure, Alkohol, Äther, Terpentinöl, Paraffinöl, Natronlauge, Farbstofflösungen u. s. w. Ein letzter Schrank enthält die Utensilien zur Reinigung des Lokals und zum Waschen: Besen, Putztücher, Abstaubtücher, Handtücher, Spiegel, Seife, Schmierseife, Sand, Bürsten u. s. w., und Utensilien zur Beleuchtung und Heizung, wie Leuchter, Kerzen, Gaslampen, Petroleumlampen, Gasanzünder, Petroleumkanne, Kohlenkessel, Schürhaken, Feueranzünder, Streichhölzer.

Uhlig macht mit Recht darauf aufmerksam, daß das Vorbereitungszimmer auch dann, wenn Centralheizung vorhanden ist, mit einem Ofen (zweckmäßig Gasofen) versehen sein muß, um auch in den Ferien bei abgestellter Centralheizung arbeiten und das Einfrieren von Apparaten und Leitungen verhindern zu können.

63. Das kleine Auditorium. a) Großer Experimentiertisch. Für einen einigermaßen ausgedehnten physikalischen Unterricht ist ein einziges Auditorium absolut unzureichend, die Vorbereitungen für die Experimente in großem Maßstabe, sowie das Abräumen nach der Vorlesung gestatten nur eine Vorlesung an einem Tage, wobei noch ein Wochentag für die Reinigung des Lokals in Abrechnung zu bringen ist. Für spezielle physikalische Vorlesungen über besondere Kapitel der Experimentalphysik oder schwierigere Gebiete der theoretischen Physik muß deshalb neben dem großen Auditorium noch ein kleineres vorhanden sein.

Die Größe wird etwa der eines Mittelschullehrsaales [1]) entsprechen müssen, und auch die innere Einrichtung wird, da es sich um Demonstrationen im kleinen Maßstabe handelt, in beiden Fällen ungefähr dieselbe sein. Die nachfolgenden Vorschläge gelten somit auch für die Mittelschule.

Insofern eine grundsätzliche Verschiedenheit von dem großen Auditorium nicht besteht, kann sich die Besprechung auf diejenigen Punkte beschränken, in welchen Abweichungen vorhanden sind. Wieviel von den früher besprochenen Einrichtungen beizubehalten sind, richtet sich sehr nach der Art der Mittelschule und den besonderen Bedürfnissen und Ansichten des Lehrers, soll daher nicht erörtert werden. Die Experimentiertische werden gewöhnlich nach Art der Verkaufstische in Geschäften als niedrige Schränke gebaut. Zahlreiche Schubkästen und Fächer enthalten eine Menge häufig gebrauchter Utensilien, wie Kautschukschläuche nebst Verbindungsstücken, elektrische Leitungsdrähte nebst Klemmschrauben, Holzklötze, Brenner, Stative u. s. w., welche sonst im Vorbereitungszimmer aufbewahrt werden [2]).


Fig. 936.

Als zweckmäßige Dimensionen gibt **Weinhold an**: Höhe 0,9 m, Breite 0,8 bis 0,9 m, Länge mindestens 4 m. Das Blatt des Tisches muß aus starkem Eichenholz, aus Rahmen und Füllungen zusammengestemmt und möglichst eben sein. Auf der einen (der Heliostaten-) Seite reicht der Tisch bis an die Wand, auf der anderen Seite ist ein Durchgang gelassen, welcher aber

---

[1]) **Nach Uhlig** (Z. 10, 203, 1897) wurde bei 9 **neuen Bauten** für den Lehrsaal 60 qm, für die **Sammlung** 42 qm als genügend angesehen. Einen **Arbeitsraum** (etwa 40 qm groß) hatte kaum die Hälfte **der Kabinette**. **Schlegel** (Z. 10, 200, 1897) **empfiehlt als** geringste Größe für den Lehrsaal bei 0 **Schülern** 55 qm, für die Sammlung 40 qm, für en **Arbeitsraum** 30 qm. — [2]) Eine ausführliche **Beschreibung** eines derartigen Experimentiertisches **findet man in Weinhold**, Physikalische Demonstrationen, Leipzig 1899, S. 11 und in den Preisverzeichnissen von Max Kohl in Chemnitz und von **Leybolds Nachf.** in Köln. Derselbe **kann fertig** von diesen Firmen bezogen werden; ferner auch von **Leppin u. Masche**, **Berlin SO.**, Engelufer 17. Bei der in Fig. 936 dargestellten Konstruktionsweise von **Leybolds Nachf.** ist der Tisch 90 cm hoch und 80 cm breit. Die Tischplatte ist aus ast**freiem, trockenem** Eichenholz gefertigt, besteht aus Rahmen und Füllungen und ist mit **heißem Leinöl** getränkt. Sie hat verschließbare Öffnungen für Arbeiten mit Quecksilber, **pneumatische** Wanne, Vorrichtung zum Erwärmen von elektrischen Apparaten (Elektrisier**maschinen** u. dergl.), ein oder je nach Länge des Tisches mehrere Wasserabflußrohre,

durch einen Lattenverschlag abgeschlossen wird, um den Schülern den Zugang zu dem Raume hinter dem Tische zu verwehren.

Man hat empfohlen, die Platte des Tisches aus säurebeständigem Material, wie Porzellan, Schiefer, glasierten Tonplatten u. dergl., herzustellen. Ich kann mich diesem Vorschlage nicht anschließen[1]). Eine so harte kalte Unterlage ist in den meisten Fällen recht lästig und unbequem, und in den wenigen Fällen, in denen überhaupt ätzende Substanzen zur Anwendung gelangen, kann man mit einiger Achtsamkeit wohl so operieren, daß dabei nichts verschüttet oder umhergetropft wird, und wenn es dennoch vorkommen sollte, so ist durch einen nassen Schwamm die Störung leicht beseitigt. Ein Anstrich mit Asphaltlack gewährt übrigens schon sehr weitreichenden Schutz gegen Säuren und ist, wenn nötig, durch einige Pinselstriche leicht wieder ergänzt. Allerdings kleben erhitzte Gegenstände auf angestrichenen Tischflächen gern an, man darf also solche nicht direkt auf angestrichene Tische


Fig. 937.

auflegen. Gewöhnlich wird die Tischplatte aus Eichenholz gefertigt, eventuell schwarz gebeizt und mit Schellack abgerieben doch eignet sich auch weiches Holz, welches

sowie ein Abzugsrohr für schädliche Gase. Sämtliche Öffnungen werden durch Deckel so verschlossen, daß die Tischplatte eine Ebene bildet. Die pneumatische Wanne ist mit Ventilverschluß und wie die anderen Wasserabflußröhren mit Geruchverschluß versehen. An der Tischplatte befindet sich ferner die verdeckt liegende elektrische Leitung mit 8 Stöpselpolschrauben; außerdem 2 Schlauchklappen. Der Unterbau des Tisches besteht aus Kiefernholz und ist sorgfältig lasiert und lackiert. Derselbe ist versehen mit je einer Rohrleitung für Gas, Wasser, Saug- und Druckluft. An der Wasserleitung sind 2 Ventilhähne, an der Gasleitung je nach Länge des Tisches 3 bis 5 Schlauchhähne, an den beiden anderen Leitungen je 1 Hahn angebracht. Der Tisch hat an seinen beiden äußeren Enden je 4 Schubladen, links außerdem eine Abteilung für das Abzugsrohr für schädliche Gase, daneben einen durch Tür verschlossenen Raum für die Wärmevorrichtung; rechts neben der pneumatischen Wanne befindet sich ein doppeltüriger Schrank. Auf besonderen Wunsch wird die Tischplatte tief schwarz gebeizt. Diese schöne Farbe ist sehr haltbar und wird weder durch Hitze noch durch chemische Agentien zerstört. Der Preis des Tisches beträgt bei 3 bis 5 m Länge 400 bis 570 Mk. Max Kohl liefert neuerdings T-förmige Experimentiertische, bei welchen der gegen das Auditorium gerichtete Vorsprung eine Versenkung für die Projektionslaterne bildet. Dieselbe kann durch eine Kettentransmission, die im Innern des Tisches verborgen ist, emporgehoben werden. Fig. 937 zeigt einen kleineren Tisch, wie er von Leppin u. Masche, Berlin, geliefert wird (zu 300 bis 600 Mk.). — [1]) Neuerdings werden Platten aus einer in hoher Temperatur mit Elektralack (zu beziehen von der Gesellschaft für elektrische Industrie, Karlsruhe) durchtränkten Holzmasse

sich nicht zieht, recht gut und gewährt zudem noch den Vorteil, daß man leicht Nadeln, die Spitzen an den Fußplatten mancher Apparate, Heftnägel u. dergl. eintreiben kann, was bei Anwendung von Hartholz immer schwierig ist. Sollte die Platte allzusehr ruiniert sein, so kann man sie ja ohne große Kosten abhobeln oder durch eine neue ersetzen lassen.

b) Kleine Experimentiertische. Für den Unterricht an der Mittelschule erweisen sich große Experimentiertische insofern brauchbar, als die meisten benutzten Apparate nur klein sind und leicht auf dem Tische aufgestellt werden können. Ein wesentlicher Übelstand ist aber der, daß sie, wenn einmal Raum zur Aufstellung größerer Apparate gebraucht wird, nicht entfernt werden können, und daß sie leicht dazu verleiten, sämtliche während des Unterrichts zu gebrauchende Apparate schon vorher aufzustellen. Solche Ausstellungen von Apparaten auf dem Experimentiertische, wodurch derselbe an die Warenauslage eines Optikers oder Mechanikers erinnert, halte ich für ganz ungeeignet. Die Mannigfaltigkeit verwirrt den Schüler und lenkt dessen Aufmerksamkeit ab, und wohl auch der Lehrer experimentiert mit mehr Ruhe und Sicherheit, wenn jeweils nur der Apparat sich auf dem Tische befindet, der gerade demonstriert werden soll. Aller Augen können sich so auf das zu betrachtende Objekt wenden und die Versuchung, den Blick auf die glänzenden Dinge der Umgebung hinübergleiten zu lassen, ist beseitigt. Freilich bringt das Aufstellen der Apparate während des Unterrichts einigen Zeitverlust mit sich, doch ist derselbe nicht erheblich, wenn durch angebrachte Marken, Kreidestriche, Wachs und dergleichen besonders wichtige Stellungen zuvor bezeichnet worden waren. Während der Aufstellung des Apparates erzeugt sich bei den Schülern eine gewisse Spannung auf das Kommende, die nur förderlich sein kann; auch geht man unwillkürlich nicht so rasch von einem Gegenstande zum nächsten über und überzeugt sich vor dem Abtragen eines Apparates viel gründlicher, ob derselbe auch völlig verstanden ist, als wenn in Menge umherstehende andere Apparate zur Eile drängen, um sie noch in der gleichen Stunde vorführen zu können. Spätere Repetitionen können das, was durch solche Eile bei der ersten Demonstration verloren wurde, nicht wieder ersetzen. Ein beträchtlicher Teil der Unterrichtszeit an Mittelschulen wird auch dazu verbraucht, zunächst das in der vorhergehenden Stunde Erklärte zu repetieren und Noten, sowie Bemerkungen in das „Klassenbuch“ einzutragen [1]). Während dessen sind Apparate auf dem Experimentiertische ebenfalls überflüssig und störend.

Natürlich ist hierbei vorausgesetzt, daß sich neben dem Auditorium das Vorbereitungszimmer mit einem großen Tisch befindet und dort die Apparate gebrauchsfertig aufgestellt befinden.

Unzweckmäßig sind die bei manchen großen Experimentiertischen vorhandenen Vorragungen auf der Tischfläche, wie Gashähne, Klemmschrauben, Knöpfe von Deckeln, rund umlaufende vorspringende Leisten u. dergl., ebenso auch alle merklichen Vertiefungen, wie z. B. Rinnen zum Sammeln von verschüttetem Quecksilber, Einschnitte zum Herausnehmen der Deckel, Fugen am Rande der Deckel u. dergl., schon weil sie die Reinhaltung des Tisches erschweren. Leicht stößt man auch beim Verschieben der Apparate daran an, gerät mit einem Fuße eines Apparates in eine Vertiefung oder kann ein Stativ an einer Stelle, wo es am besten Platz finden

(nach Dr. Kronstein in Karlsruhe) fabriziert, welche sehr hart, säure- und hitzebeständig sein sollen und sich namentlich da eignen dürften, wo der gleiche Tisch auch für den chemischen Unterricht benutzt werden soll. — [1]) Vergl. auch Maiß, Z. 14, 49, 1901.

konnte, deshalb nicht aufstellen, weil sich hier eine Vorragung befindet. Seichte Rinnen für Quecksilber sind außerdem fast ganz ohne Nutzen, die Quecksilbertröpfchen rollen einfach darüber hinweg. Es dürfte deshalb am zweckmäßigsten sein, wie es auch da und dort geschieht, beim Arbeiten mit Quecksilber einen flachen, hölzernen Trog annähernd von der Größe der Tischplatte und mit mindestens 10 cm hohem, etwas unterschnittenem Rande aufzusetzen. Hierin können selbst große Mengen Quecksilber und aus nicht unbeträchtlicher Höhe verschüttet werden, ohne daß auch nur das Mindeste verloren geht. Ein ähnlicher Trog, aus lackiertem Zinkblech bestehend, dient beim Arbeiten mit Wasser, z. B. bei Versuchen über Ausfluß von Wasser, Heronsball, Elektrisierung von Springbrunnen u. s. w. Während siebenjähriger Tätigkeit an einer Mittelschule hatte ich einen verhältnismäßig kleinen Tisch gewöhnlicher Form, etwa 1,5 m lang, 0,8 m breit und 0,8 m hoch. An einem

Fig. 938.

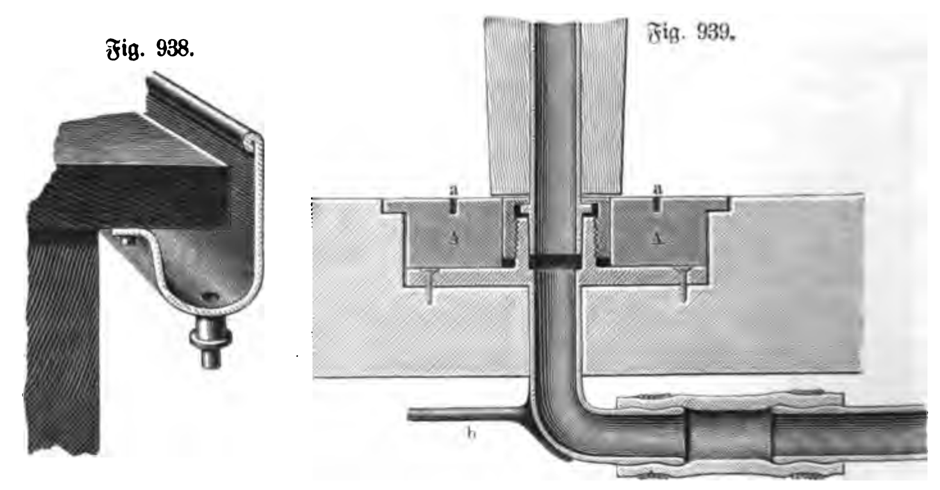


Fig. 939.

solchen Tische kann man ebensowohl sitzend unterrichten wie stehend experimentieren und, wenn nötig, auch Schriftstücke ausfertigen[1]). Die Platte kann nach Aus-

[1]) Harbordt (Z. 7, 367, 1895) fand den Weinholdschen Tisch für physikalische Zwecke ebenfalls zu unbeholfen. Er ließ deshalb denselben aus drei Teilen, zwei feststehenden und dem mittleren beweglichen, herstellen. Nur die feststehenden Teile enthalten Leitungen. Der bewegliche kann bis zu den Bänken hingerollt werden, um den Schülern einzelne Versuche in der Nähe zu zeigen. Einer der feststehenden Teile ist mit einem verstellbaren und drehbaren „Galgen“ zum Aufhängen von Pendeln u. dergl. versehen. In dem anderen ist eine mattgeschliffene, quadratische, dicke Glasplatte von 60 cm Seitenlänge eingelassen, welche sich durch Stellschrauben genau horizontal richten läßt. (Dieselbe müßte meines Erachtens durch einen Holzdeckel zugedeckt sein, falls sie nicht gebraucht wird.) Auch Uhlich (Z. 10, 204, 1897) spricht sich gegen die langen Tische aus und wünscht den Experimentiertisch nicht länger als 1,5 bis 2 m. Bezüglich der Höhe sagt er: „Ein Lehrer, der bereits während mehrerer Stunden des Tages unterrichtet hat, wird oft genug das Bedüfnis haben, sich zu setzen, jedenfalls muß die Möglichkeit dazu da sein. Dies ist auch der Grund, warum ich eine außerordentliche Höhe des Experimentiertisches nicht befürworten kann, man bleibe bei der uns gewohnten Tischhöhe. Für kleinere Gegenstände, z. B. Magnetnadeln, ist die vermehrte Tischhöhe doch nicht ausreichend. Jeder hilft sich dann durch untergesetzte Klötzchen oder Tischchen. Größere Apparate dagegen, z. B. die Elektrisiermaschine, werden sonst leicht in eine Höhe gerückt, die nicht mehr bequem ist. Für ein Podium oder gar wie Emsmann vorschlägt „eine Estrade, auf welche zwei Stufen führen“, kann ich mich nicht erwärmen.“

ziehen zweier Zapfen leicht abgehoben werden. Am Rande ist sie mit einer Quecksilberrinne aus starkem Eisenblech versehen, von der in Fig. 938 im Durchschnitt gezeichneten Form, welche unter Umständen auch als Wassersammler dient und davon ein ganz erhebliches Quantum aufnehmen kann. Durch eine mit Zapfen oder Hahn verschlossene Öffnung in einer Ecke kann das Quecksilber oder Wasser abgelassen werden.

Die Tischfüße sind hohl und enthalten vier Leitungen, nämlich eine Wasser-, eine Gasleitung und zwei isolierte Leitungen, welche je nach Bedarf durch geeignete, an der Wand angebrachte Hahnkombinationen und Schlauchverbindungen mit der Wasserluftpumpe, dem Gebläse, dem Sauerstoffgasometer, dem Abzuge, dem Dampfapparat u. s. w. oder auch ebenfalls mit Gas- oder Wasserleitung in Verbindung gesetzt werden können. Gleichzeitig dienen dieselben als elektrische Leitungen, weshalb hinter den Anschlußstellen der elektrischen Drähte (*b*) isolierende Verbindungen aus Kautschuk in die Röhren eingesetzt sind, Fig. 939. Der Experimentiertisch ist somit auch mit zwei elektrischen Leitungen versehen, welche sich zu den Schaltbrettern fortsetzen und dort an beliebige andere Leitungen durch Einsetzen von Stöpselschnüren angeschlossen werden können.

Ungeachtet der mannigfachen Leitungen, mit welchen der Experimentiertisch ausgerüstet ist, läßt sich derselbe doch leicht völlig entfernen, indem an den Füßen die Rohrverbindung so ausgeführt ist, wie Fig. 939 zeigt.

Man ersieht daraus, daß die Verbindung eine gewöhnliche Konusverbindung mit Überwurfmutter ist, welch letztere gut in die kreisrunde, drehbare Scheibe *AA* einpaßt. Durch Drehen der letzteren mittels eines einfachen in die Löcher *aa* einpassenden Schlüssels können die vier Tischfüße nacheinander frei gemacht und dann der Tisch selbst abgehoben werden [1]).

Um nach Wegheben des Tisches das Eindringen von Staub in die Rohrenden zu hindern, werden auf diese passende Deckel aufgesetzt und durch Aufschrauben der Überwurfmuttern befestigt. Die Deckel sind so geformt, daß sie die Vertiefungen vollständig ausfüllen, der Fußboden also eben wird.

Für manche Zwecke ist es bequemer, den Tisch mit der ganzen Fußbodentafel, auf welcher er steht, wegzuheben. Die Leitungen sind deshalb am Rande der letzteren abermals mit Konusverbindungen versehen, zu welchen man durch Aufheben eines kleinen Deckels im Fußboden leicht Zugang erhält.

Die herausgehobene Platte muß sich durch eine Platte ohne ausgeschnittene Ecken ersetzen lassen, so daß nach Wegnahme des Tisches und Einsetzen dieser Platte der Fußboden völlig eben und frei von Öffnungen ist.

Die Hähne am Experimentiertisch müssen, um Knicken der Kautschukschläuche zu vermeiden, so weit zurück stehen, daß die Enden derselben noch etwa 2 bis 3 cm von dem Tischrande (d. h. von der durch letzteren gedachten Vertikalebene) entfernt sind. Es muß also an der dem Experimentator zugekehrten Seite die Tischplatte etwa 15 cm weit über die Tischzarge vorragen. Zuweilen werden die Schläuche durch Löcher der Tischplatte hindurchgeführt, indes sind solche Löcher störend. Am unteren Rande der Tischzarge wird zweckmäßig eine schief nach vorn v o r s p r i n g e n d e Leiste angebracht, auf welcher schwarz auf weißem Grunde (am besten durch Por-

[1]) Einfacher und billiger würde es sein, die Verschraubungen und Drehscheiben wegzulassen und den Tisch durch angeschraubte eiserne Winkel am Boden zu befestigen.

zellanschildchen) die Bestimmungen der einzelnen Leitungen verzeichnet sind, damit man nicht Gas- und Wasserröhren, sowie andere Leitungen verwechselt.

Die Tischfüße müssen direkt auf einer Balkenlage stehen, wenn möglich auf einer solchen, welche etwas tiefer liegt als diejenige, welche den Fußboden trägt und von letzterer überhaupt völlig unabhängig ist, damit der Experimentiertisch beim Hin- und Hergehen nicht erschüttert wird. Befindet sich unter dem Lehrsaal ein

Fig. 940.

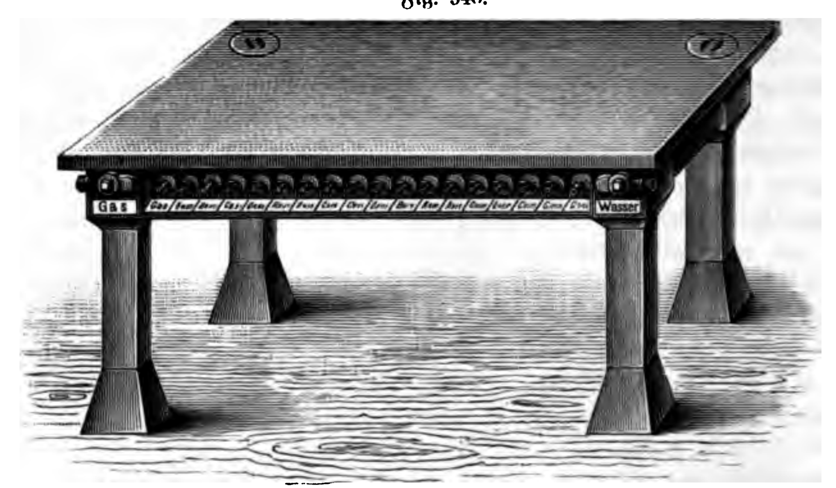
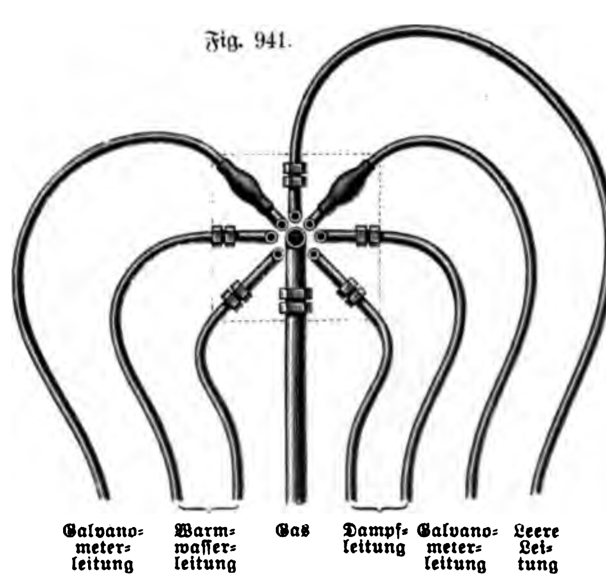


Fig. 941.



steinernes Gewölbe, so läßt man die Füße des Experimentiertisches auf steinernen Pfeilern ruhen, welche unmittelbar auf dem Gewölbe oder auf dem Fundamente aufgemauert sind und frei zwischen der Balkenlage des Fußbodens hindurchgehen.

Sehr zweckmäßig ist es ferner, wenn auch der Raum zu beiden Seiten des Experimentiertisches bis auf 2 m Entfernung in gleicher Weise von dem übrigen Fußboden isoliert ist. Es werden am besten auf das Gewölbe Steinpfeiler von der ganzen Größe dieser beiden Felder 2×1 m bis zum Fußboden herauf aufgemauert (eventuell eine besondere Balkenlage angebracht). Die Oberfläche dieser Pfeiler wird aber nicht, wie es häufig geschieht, mit einer Stein-, sondern mit einer Holzplatte belegt, welche durch eingegipste Schraubbolzen sicher mit dem Steinwerk verbunden ist. Eine glatte Steinplatte kann sehr leicht Veranlassung zum Ausgleiten werden, so daß man in Gefahr kommt, zu stürzen und sich zu verletzen oder wenigstens in der Nähe stehende Apparate zu beschädigen. Manche Apparate,

z. B. solche, bei welchen Drehung an einer Kurbel, Transmission u. dergl. nötig ist, können überhaupt nicht auf einer glatten Steinplatte aufgestellt werden, da, falls sie nicht sehr großes Gewicht besitzen, die Reibung auf der Steinplatte zu gering ist, um ihnen einen sicheren Halt zu gewähren. Auf die Platten zu beiden Seiten des Experimentiertisches können Hilfsexperimentiertische (von $1^1/_2$ bis 2 m Länge) an den Experimentiertisch herangeschoben werden. Im Falle des Nichtgebrauchs sind sie in zwei Nischen in der Wand verborgen.

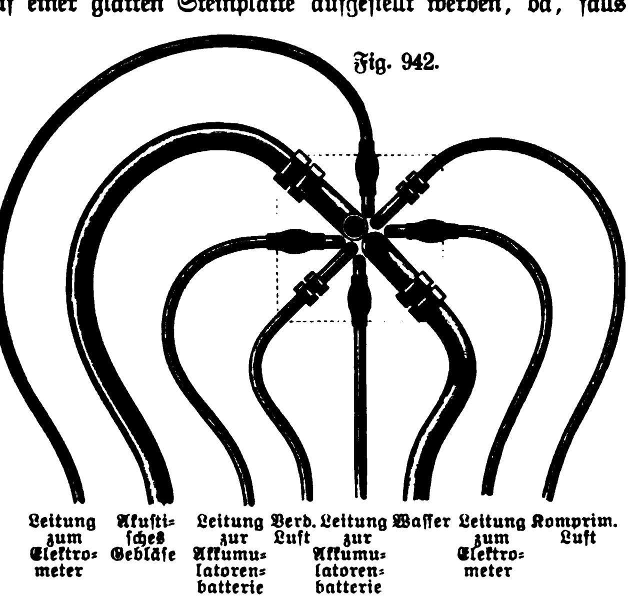


Fig. 942.

Vor den großen Experimentiertischen hat ein solcher kleiner Tisch den wesentlichen Vorzug, daß er den Experimentierraum nur wenig beschränkt, so daß man zu beiden Seiten große Apparate aufstellen oder heranrollen kann.

Fig. 940 zeigt die Skizze eines

Fig. 943.

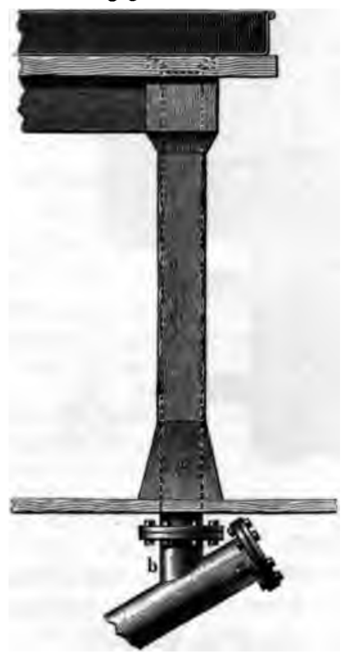


Fig. 945.

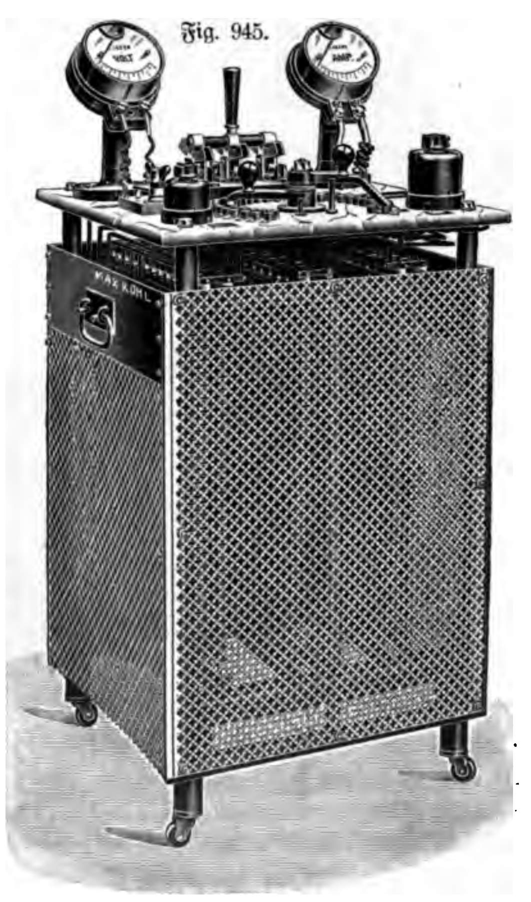


Fig. 944.



Experimentiertisches, welchen ich früher projektiert, aber nicht ausgeführt habe, d
die eben dargelegte Ausführung billiger und zweckmäßiger schien.

Die Tischfüße enthalten, wie die Fig. 941, 942 und 943 zeigen, eine Meng
von Leitungen. Insbesondere sind die beiden vorderen Füße, gemäß Fig. 943, mi
weiten Röhren versehen, welche als Wasserabfluß bezw. Gasabzug dienen.

Einige der Leitungen sind elektrische Leitungen, welche in feilklobenartigen Klemmen von der in Fig. 113, S. 65 dargestellten Art endigen.

Die beiden Klemmschrauben einer elektrischen Leitung dürfen nicht, wie man es etwa für passend halten könnte, die eine rechts, die andere links an dem Tische angebracht sein, da alsdann bei Schließung der Leitung infolge der gebildeten Stromfläche störende elektromagnetische Wirkungen erfolgen können [1]).

Manche kleinere Auditorien, in welchen auch chemischer Unterricht erteilt wird, enthalten hinter dem Experimentiertisch eine besondere Abzugnische.

Die Tischfläche in einem solchen Abzuge ist zweckmäßig eine Schieferplatte, eventuell auch eine Sandsteinplatte oder, freilich weniger gut, eine aus glasierten Ton- oder Porzellanstücken zusammengesetzte Platte. In geringer Höhe über derselben, an den beiden Seitenwänden, befinden sich Schlauchtüllen und Klemmschrauben für dieselben Leitungen, die sich auch am Experimentiertisch befinden. Die Hähne derselben befinden sich außerhalb der Nische. Es ist dies durchaus nötig, da man nicht während der Entwickelung schädlicher Dämpfe den Abzug öffnen und die Hähne regulieren kann. Auch sind dieselben, auf solche Weise angebracht, weit leichter zugänglich und bleiben vor Oxydation und anderen Verunreinigungen bewahrt.

Fig. 946.



Auf der Rückseite ist der Abzug verschlossen durch eine matte Glasscheibe (die matte Seite nach außen, d. h. nach der Seite des Vorbereitungszimmers gekehrt), welche sich, ähnlich wie eine Schiebetafel, leicht in die Höhe schieben und wieder herunterziehen läßt [2]). Die vordere Seite ist gewöhnlich durch eine Schreibtafel geschlossen. Soll der Abzug gebraucht werden, so wird diese in die Höhe geschoben und dafür ein durchsichtiges, aus einer einzigen Glasscheibe bestehendes Fenster heruntergezogen, welches ebenfalls so wie die Tafeln in Führung läuft und durch Gewichte balanciert ist.

---

[1]) M. Kohl in Chemnitz liefert Experimentierschalttafeln für kleinere Auditorien (Fig. 80, S. 53), und zwar a) zum Anschluß an 110 bis 160 Volt für Stromstärken bis 12 bezw. 24 Amp., b) zum Anschluß an 220 Volt für 10 bezw. 20 Amp. (Die Widerstände lassen sich sowohl als Vorschalt- wie auch als Abzweigwiderstände gebrauchen.) Preis 460 Mk., in einfacherer Ausführung 340 Mk., bei Ausführung in Tischform nach Fig. 945 520 Mk. Schalttafeln zur Entnahme von Wechselstrom der städtischen Zentrale, Gleich-, Wechsel- und Drehstrom einer Universal-Dynamo, sowie zum Laden und Entladen einer Akkumulatorenbatterie liefern ferner Leybolds Nachf. Köln (Fig. 944); einfachere Dr. Paul Meyer, A.-G., Berlin N., Lynarstr. 5. — [2]) Nach Fig. 946, zu beziehen von Leybolds Nachf. Köln.

Viertes Kapitel.

Die Sammlungs- und Verwaltungsräume.

64. Die Sammlung. Bei weiter ausgedehnten Sammlungsräumen muß man darauf bedacht sein, daß der Weg zum Auditorium von allen Teilen der Sammlung möglichst kurz ist, da man sonst unendlich viel Zeit durch unnötiges Hin- und Hergehen verliert und die Apparate durch Eile schädigt. Die Sammlung muß also etwa das Auditorium hufeisenförmig umgeben, natürlich ohne daß dieses das Licht verliert, d. h. unter Zwischenschaltung von Lichthöfen.

Keinesteils darf sich die Sammlung in einem anderen Stockwerke befinden. Am besten steht sie mit dem Vorbereitungszimmer durch eine breite und hohe Tür ohne Schwelle in Verbindung. Sie soll ferner (nach Uhlig) möglichst keine Tür nach dem Korridor haben, „damit in der Abhaltung des leidigen Staubes getan wird, was möglich ist. Es ist ganz erstaunlich, wieviel Staub durch das tägliche Kehren der Korridore aufgewirbelt wird und unaufhaltsam dringt derselbe sogar durch verschlossene Türen ein [1])".

Uhlig (Z. 10, 202, 1897) verlangt speziell für die Sammlung einer Mittelschule, daß jeder Apparat handlich und jederzeit fertig zum Gebrauch dastehe [2]). Das ist richtig und ausführbar, wenn die Apparate oder wenigstens deren vorwiegende Menge genügend klein ist, um überhaupt in Kasten untergebracht werden zu können. Für den Mittelschulunterricht, wobei mit höchstens 40 Schülern zu rechnen ist, meist sogar mit einer wesentlich geringeren Anzahl, kann dies als zutreffend gelten, wenn auch hier bezüglich der Dimensionen der Apparate die Ansichten ziemlich auseinandergehen. Es macht z. B. sicher einen größeren Effekt, wenn man bei Demonstration der Ampèreschen Gesetze große, weithin sichtbare Stromleiter (etwa Röhren) nimmt, als wenn man statt derselben die winzigen Apparätchen verwendet, wie man sie im Handel bekommt, mit dünnen Aluminiumdrähtchen und sehr feinen

[1]) Um gewöhnliche Fußböden (auch Parkett, Linoleum u. s. w.) glänzend und staubfrei zu machen, eignet sich Jaks Fußbodenöl (zu beziehen von A. Jaks, Civil-Ingenieur, Breslau IX., Hirschstr. 40). Zum Aufstreichen dient ein besonderer (Füll-) Pinsel mit hohlem Stiel. Es ist geruchlos und die Räume sind sofort nach dem Streichen benutzbar. Preis 2 Pfund mit Pinsel 4 Mk. — [2]) Leitungsdrähte u. dergl. sollen beim Apparate verbleiben, Stative sind zu vermeiden, aptierte Gegengewichte werden aufbewahrt. Leere Zigarrenkistchen, mit Papier überzogen und verkleinert, können zur Aufbewahrung von Nebenteilen gebraucht werden. Nach Weinhold soll die Sammlung mindestens 52 qm messen. Wie wenig zureichend die Sammlungsräume zuweilen sind, geht aus einem von Uhlig erwähnten Zitat aus einer Programmabhandlung hervor, worin die Größe des Raumes zu 15 qm angegeben und ferner gesagt wird: „Die beiden großen Schränke für physikalische Apparate und Chemikalien sind in dem an des Lehrzimmer anstoßenden Kabinet untergebracht. Daselbst steht auch ein kleiner eiserner Ofen mit einer Vorrichtung für Schmelzversuche und eine einfache Waschgarnitur auf Drahtgestell." „Wie oft, sagt Uhlig bezüglich des beschränkten Raumes in Sammlungen, bin ich Zeuge von Seufzern gewesen, die wegen dieses Punktes laut wurden! Auch ich selbst kenne genau, was Enge und Platzmangel ist. Noch jetzt steht mir deutlich vor Augen, wie es früher in unserm Kabinet zuging. So war z. B. unsere große auf einem besondern Tisch montierte Luftpumpe mit einer leeren Kiste überdeckt, auf dieser Kiste stand die Elektrisiermaschine und zwischen den Füßen derselben stand und lag noch dies und jenes, so viel eben ging."

Nähnadelspitzen, die von den hintersten Bänken des Auditoriums kaum anders als mittels eines Opernglases zu erkennen sind.

Ein großer Apparat imponiert schon einzig durch seine Masse, dem Zuhörer leuchtet ein, daß es eine nicht zu verachtende Kraftwirkung ist, die hier auftritt, die eines ernsten Studiums wert ist, während kleine Apparate immer an Spielzeuge und brotlose Künste erinnern. Außerdem braucht man bei großen Apparaten weit weniger vorsichtig zu sein, da kein Grund zur Besorgnis vorliegt, dieselben könnten sich beim Anfassen verbiegen oder in anderer Weise beschädigt werden. Der Hauptgrund, weshalb die neueren Apparate in immer kleineren Dimensionen auftreten, ist wohl der, daß bei der großen Menge von Apparaten, deren man in heutiger Zeit bedarf, in dem Sammlungszimmer nur sehr schwer oder überhaupt nicht genügend Raum geschafft werden könnte. In zweiter Linie ist auch die Handlichkeit der Apparate maßgebend. Große Apparate können in der Regel nicht vom Experimentator allein gehandhabt werden, namentlich würde derselbe solche nur mit Mühe auf den Experimentiertisch bringen und wieder wegheben können. Es wäre somit zur Aufstellung jedes neuen Apparates ein Gehilfe nötig, der meist nicht zu erlangen ist, und die Aufstellung wäre mit einer erheblichen Störung des Vortrages oder Unterrichts verbunden.

Anders als an Mittelschulen liegen die Verhältnisse bei Hochschulen, wo die Zahl der Hörer mehrere Hundert beträgt. Apparate im gewöhnlichen Sinne des Wortes, wobei angenommen wird, daß es sich um kleine Gegenstände handelt, die etwa ähnlich wie Mineralien, Gipsmodelle u. dergl., hübsch geordnet und etikettiert in der Reihenfolge, in welcher sie gebraucht werden, in einer Sammlung aufgestellt werden können, sind hier unbrauchbar. Es handelt sich in diesem Falle um Zusammenstellung von Gegenständen, die sich zuweilen durch mehrere Stockwerke fortsetzen und von denen einzelne geradezu Teile des Gebäudes sind, also überhaupt nicht transportiert werden können. Die Zusammenstellung der nötigen Requisiten erfolgt, ebenso wie die Zusammenstellung der Dekorationen u. s. w. in einem Theater, erst unmittelbar vor dem Gebrauch, und nach demselben werden die transportabeln Teile sofort wieder auseinandergenommen. Ein und dieselben Teile dienen zu den verschiedenartigsten Versuchen in veränderter Zusammenstellung, ebenso wie bei Theatervorstellungen dieselben Coulissen und sonstigen Requisiten zu den verschiedenartigsten Vorführungen benutzt werden, und eine für das Auge wohlgefällige, an eine Naturaliensammlung erinnernde Aufstellung ist schon mit Rücksicht auf den beschränkten Raum und die zum raschen Transport u. s. w. nötigen Vorkehrungen ebensowenig möglich und nötig, als bei Theaterrequisiten.

Man muß hier notwendig die Sammlung in drei Teile teilen, nämlich:

1. Die kleine Sammlung.
2. Die große Sammlung.
3. Den Requisitenraum.

Die erste enthält diejenigen Gegenstände, die sich in Schränken unterbringen lassen, die zweite selbständige größere Maschinen, die dritte jene unansehnlichen Teile, wie Schirme, Rohrleitungen, Gerüste aller Art, welche den Theaterrequisiten gleichen.

Zuweilen finden sich in größeren Sammlungen viele alte, überflüssige Apparate oder solche, welche zu wichtigen Untersuchungen gedient haben, aber nicht für den Unterricht zu gebrauchen sind, endlich auch feine Meßinstrumente, die speziell den Laboratoriumsarbeiten dienen. Sie versperren notwendigen Platz und kommen in

Gefahr Schaden zu leiden. Es empfiehlt sich daher, neben der **Unterrichtssammlung** eine **historische** und eine **wissenschaftliche Sammlung** in gesonderten Räumen anzulegen. Diese letzteren Sammlungen können natürlich ganz entfernt von dem Auditorium liegen.

Sehr zweckmäßig sind ferner bei großer Zuhörerzahl **Wandelgänge**, in welchen für subjektive Beobachtung bestimmte Instrumente, wie Fernrohre, Mikroskope, Stereoskope u. s. w., zur Betrachtung und Benutzung in der Nähe gebrauchsfertig aufgestellt werden können. Einrichtungen dieser Art finden sich z. B. in der „**Urania**“ in Berlin.

Es würde zu weit führen, auf die Einzelheiten näher einzugehen. Wer sich dafür interessiert, hat Gelegenheit, in jenen dem Publikum geöffneten Sälen der **Urania** die Art und Weise der Aufstellung der Apparate und die Kunstgriffe, durch welche es jedem Besucher ermöglicht wird, jeden Apparat ohne Gefährdung desselben selbst in Tätigkeit zu setzen, eingehend kennen zu lernen.

Bei einem Neubau muß jedenfalls für die Sammlung möglichst viel Platz vorgesehen werden, da sie mit jedem Jahre wächst. In der Apparatensammlung stehen die **Schränke** nicht an den Wänden, sondern frei, abgesehen von der Nordseite, wo sie sich mit der schmalen Seitenwand gegen die Mauer anlehnen. Sie sind nicht auf Füße gestellt, sondern ruhen einfach auf dem Boden auf, da anderenfalls allzu leicht zufällig heruntergefallene kleine Schräubchen u. dergl. sich unter den Schränken verlieren, ganz abgesehen davon, daß sich hier auch eine beträchtliche Menge Staub ansammeln kann, den man im Sammlungszimmer so viel wie möglich zu vermeiden suchen muß [1]). Die Füllungen der Türen, sowie auch der frei stehenden Seitenwand bestehen aus Glasscheiben, so daß also die Schränke völlig durchsichtig sind und alle Apparate leicht übersehen werden können [2]). **Die Türen** sind verschließbare Flügeltüren, nicht Schiebetüren, welche zu viel Staub einlassen, sich allzu leicht festklemmen, auch nicht gestatten, den ganzen Schrank zu öffnen, was bei großen Apparaten doch eine wesentliche Bequemlichkeit gewährt, und endlich weit eher aus Versehen offen stehen bleiben als Flügeltüren. Schiebetüren nehmen allerdings weniger Raum in Anspruch, doch muß auch schon aus anderen Gründen zwischen den einzelnen Schränken so viel Raum gelassen sein, daß man die Flügeltüren bequem öffnen und schließen kann. Die **Schäfte**, auf welche die Apparate aufgestellt werden, ruhen auf Zahnleisten und lassen sich somit je nach Bedürfnis verstellen. Sind in einem Fach Apparate von sehr verschiedener Größe aufzustellen, so bringt man zweckmäßig in halber Höhe über dem Schaft einen zweiten schmalen, nur $1/2$ oder $1/3$ so breiten an, auf welchen man die niedrigen Apparate aufstellt, während die hohen auf dem großen Schaft verbleiben.

Die Schäfte werden mit heller Farbe angestrichen. Man achte dabei darauf, daß die Farbe eine gut trocknende sei, da anderenfalls der Anstrich monatelang klebrig bleiben kann, so daß alle aufgestellten Apparate wie auf Pech festsitzen und nur schwierig oder gar unter Beschädigung wieder entfernt werden können.

Alle Nebendinge, Drähte, Haken u. dergl., die man bei einem Versuche gebraucht, legt man dem Hauptapparate bei. Es genügt z. B. nicht zu notieren, wie groß

[1]) Auch werden unter den Schränken gern Schachteln u. s. w. provisorisch untergebracht, aber, weil man sie nicht sehen kann, vergessen, so daß man später mit Wiederaufsuchen viel Zeit verliert. — [2]) Schränke aus Eisen und Glas liefert **Rudolf Détert**, Berlin NW. 6; Holzschränke nach Fig. 947 **Leybolds Nachf.** Köln.

die Tara eines Gefäßes ist, dieselbe muß vielmehr etwa in Form eines Bleistücks, einer mit Schrot gefüllten Streichholzschachtel u. dergl. wirklich vorhanden sein. Im Inventar sollten solche Stücke ihre besonderen Nummern erhalten und ihr Zweck kurz bemerkt sein. Es ist solches schon für den vorteilhaft, welcher zuerst den Apparat gebraucht, noch mehr aber für einen Nachfolger.

Minder wertvolle und sehr voluminöse Apparate kann man oben auf die Schränke stellen, zu welchem Zwecke Tritt- und Standleitern in der Sammlung vorhanden sein müssen. Lange gebogene Röhren u. s. w. hängt man an den Wänden auf, wo auch hohe Stative und dergleichen Geräte Aufstellung finden, die

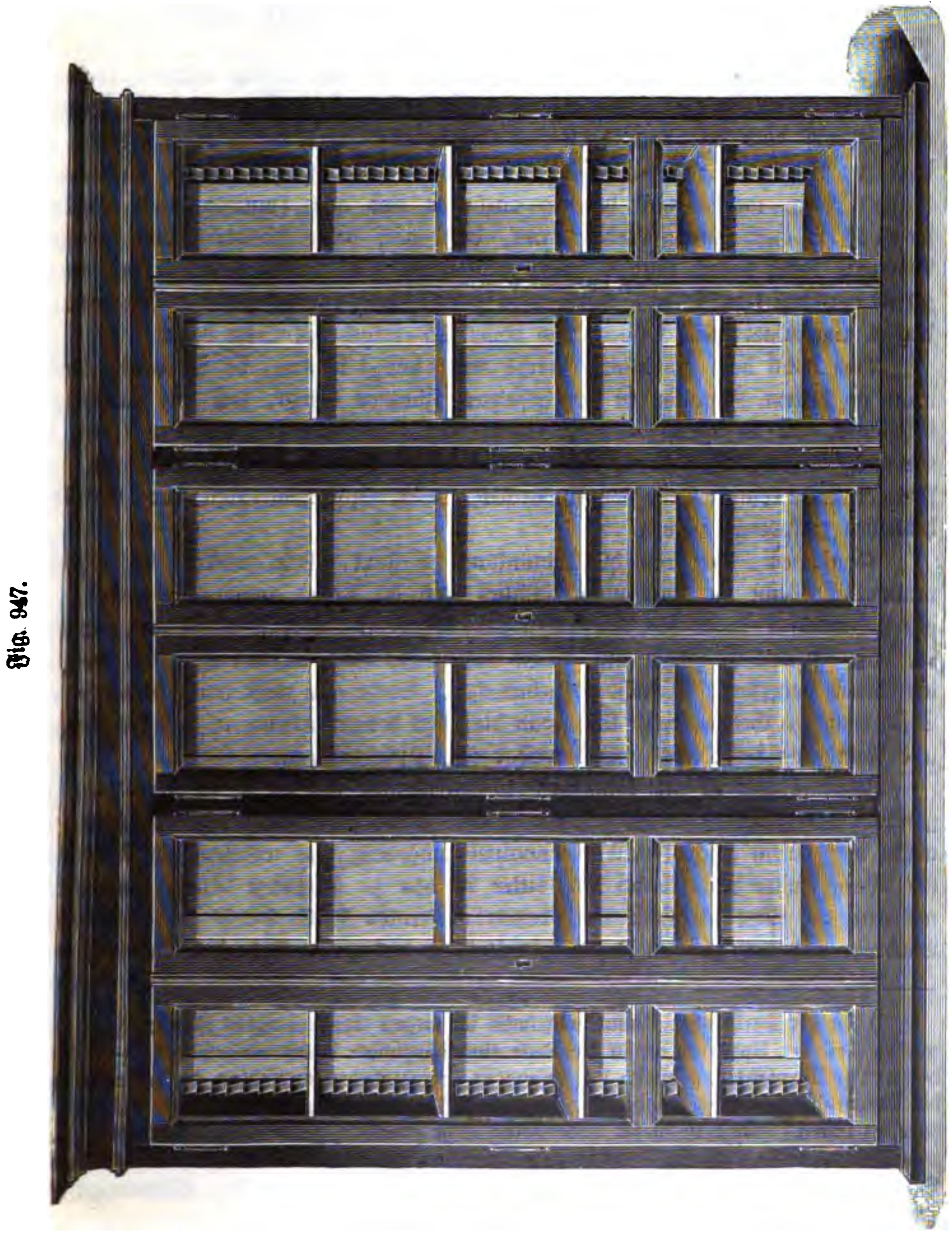


Fig. 347.

man nicht in den Schränken unterbringen kann, falls kein besonderer Requisitenraum zur Verfügung steht[1]). Zum Aus- und Einräumen der Apparate muß die nötige Zahl von Tischen zum Abstellen vorhanden sein. Selbstverständlich dürfen Chemikalien nicht in der physikalischen Sammlung aufbewahrt werden, am wenigsten in den gleichen Schränken.

Der Fußboden des Sammlungszimmers muß mit Anstrich oder besser Linoleumbelag versehen sein[2]) und darf nicht gekehrt, sondern nur mit einem feuchten Lappen abgewischt werden, um den Staub nicht aufzuwirbeln.

Die Wände müssen mit hellen Tapeten beklebt sein, zuweilen wird auch die Decke weiß tapeziert, um das Herunterfallen von abgesprungenen Gipsteilchen zu vermeiden.

Zur Beleuchtung des Lokals empfiehlt sich am besten reichlich verteiltes elektrisches Glühlicht, so daß man beim Aufsuchen eines Apparates im Dunkeln nach Bedarf bald da, bald dort eine Lampe aufleuchten lassen kann. Steht nur Gas zur Verfügung, so empfehlen sich von der Decke herabhängende Lampen an Zugröhren, welche man bequem anzünden und auch (mittels eines Hakenstockes) so hoch hinaufschieben kann, daß man beim Transportieren größerer Apparate nicht daran anstößt. Sie müssen an der Befestigungsstelle mit Kugelgelenk versehen sein, so daß, wenn man zufällig doch einmal anstößt, kein weiteres Unheil angerichtet wird, sondern das Rohr sich einfach zur Seite biegt.

Das Lokal darf im Winter nicht ungeheizt bleiben, da Apparate, welche man in kaltem Zustande in ein geheiztes Zimmer bringt, sich mit Feuchtigkeit beschlagen und infolgedessen leicht rosten oder (wie elektrische Apparate) für den Gebrauch untauglich werden, da die Isolierung der Stützen aufgehoben ist. Bei strenger Kälte können Teile von Apparaten, welche Wasser enthalten, durch Gefrieren desselben zersprengt werden.

Ebensowenig darf auch die Sammlung zu stark geheizt werden, da alsdann, namentlich wenn die Luft nicht künstlich (bis 50 Proz.) angefeuchtet wird, sich alle hölzernen Teile an den Apparaten stark verziehen und Risse bekommen, zuweilen so, daß einzelne Apparate mit vielen Kosten repariert werden müssen. Heizung, die Staub verursacht, ist nicht zu gebrauchen. Steht also nicht etwa Dampf- oder Luftheizung zu Gebote, dann läßt man die Öfen derart anbringen, daß die Heizung und Reinigung des Ofens vom Korridor aus geschehen kann.

Zweckmäßiger ist eine kompliziertere Einrichtung, wie ich sie in Karlsruhe eingerichtet habe. Der Ofen ist in dem Raume unter der Sammlung aufgestellt und völlig von einem geschlossenen Blechmantel umgeben, aus welchem die Luft durch ein 50 cm weites Rohr durch ein Gitter in den zu heizenden Raum hinaufsteigt, während an einer möglichst weit davon entfernten Stelle durch ein gleichartiges Blechrohr aus dem gleichen Raum kalte Luft in das untere Ende des Mantels nach-

---

[1]) In der Karlsruher Sammlung hatte ich wegen Raummangels längere Zeit einen großen Teil der Apparate an in die Decke eingeschraubten Haken aufgehängt. — [2]) Für die große Sammlung dürfte sich besonders Terrazzoboden empfehlen, da derselbe durch die Rollen der schweren Apparate weniger beschädigt wird und sich letztere leichter fortschieben lassen. Sonst ist dieser Bodenbelag nicht zweckmäßig, da er zu glatt ist, so daß man leicht, falls rasch ein Apparat geholt werden soll, ausgleitet und zu Fall kommt. Terrazzoarbeiten werden z. B. von P. Merluzzi u. Co., Berlin W., Wichmannstr. 19 ausgeführt. Vgl. auch S. 334, Anm. 1.

strömt. Auf diese Weise wird verhindert, daß mit der aufsteigenden Luft Staub in den oberen Raum gelangt, und gleichzeitig bewirkt, daß infolge der raschen Zirkulation der Luft in den geschlossenen Röhren, welche den Zutritt fremder Luftmassen ausschließen, die Heizung sehr rasch und gleichmäßig erfolgt.

Was die Apparate anbelangt, welche in der Sammlung aufgestellt werden sollen, so hat man vielfach versucht, sog. Normalverzeichnisse aufzustellen. Das wäre durchaus richtig, wenn die Physik eine fertige, abgeschlossene Wissenschaft wäre und über alle Naturvorgänge völlige Klarheit herrschte. Da dies indes nicht der Fall ist, vielmehr alljährlich neue Entdeckungen gemacht und Einzelheiten unter allgemeinere Gesetze zusammengefaßt werden, da ferner bezüglich fundamentaler Fragen, wie bezüglich der mechanischen Erklärung der elektrischen Erscheinungen, der Entstehung von Becquerelstrahlen u. s. w. noch vollkommene Unklarheit herrscht, scheint mir die Aufstellung solcher Normalverzeichnisse völlig verfehlt. Auch der hervorragendste Physiker dürfte nicht im stande sein, ein Verzeichnis aufzustellen, welches auch nur für die nächste Zeit genügt. Uhlig sagt hierüber: „Nach meiner Überzeugung ist ein offiziell vorgeschriebenes Verzeichnis weder nötig noch wünschenswert. Nicht nötig, weil bereits durch das Schulregulativ und seine Ausführungsverordnungen genügend dargelegt ist, was getrieben werden soll, so daß die Beschaffung der dazu nötigen Apparate implicite mit ausgesprochen ist, aber auch nicht wünschenswert. Schon die älteren Verzeichnisse haben Kritiken erfahren, welche zeigen, wie verschiedenartig, ja entgegengesetzt hier die Ansichten sind, und die neueste Phase in dieser Angelegenheit, nämlich die Verhandlung auf der Elberfelder Versammlung 1896 zeigt genau dasselbe Bild. Eine Einigung auf ein bestimmtes Normalverzeichnis wird bei den vielen Köpfen und Sinnen schwerlich zu erreichen sein." Die Elberfelder Versammlung stellte als These 1 auf, daß der Wert der Sammlung einer Vollanstalt nicht unter einen Betrag von 5000 Mk. herabsinken dürfe. Das jährliche Aversum nicht unter 300 Mk. Nach Schwalbe (Unterrichtsbl. f. Naturw. u. Mat. 1, 73) schwanken die jährlichen Aversen zwischen 1200 für Physik allein und 200 Mk. für Unterrichtsmittel überhaupt. Uhlig bemerkt dazu: „Wie im äußern Leben Nahrungssorgen am Herzen der Menschen zehren, ihn niederdrücken, ihn verstimmen, während der besser Situierte mit ruhigerem freudigen Auge in das Leben hinausblickt, so wird auch ein Lehrer der Physik, der überall nur vor das Allerdürftigste, das Allerdringendste gestellt ist, sich so oft gehemmt und zurückgehalten sehen, daß er schließlich mißmutig, wohl gar lässig wird. Mindere Beschränkung mag wohl etwas kostspieliger sein, sollte sich aber solcher Mehraufwand durch die belebende und erwärmende Freudigkeit des Unterrichtes nicht doch reichlich bezahlt machen [1])?"

65. Das Verwaltungszimmer. Die Verwaltung einer größeren Sammlung, die Sorge dafür, daß sich dieselbe jederzeit in wohlgeordnetem, zweckdienlichem Zustande befindet und den Fortschritten der Wissenschaft entsprechend erweitert wird, erfordert ein besonderes Verwaltungszimmer, welches neben Schreib- und Zeichentischen hauptsächlich Schränke für Akten, Inventare, geschäftliche Bücher, Leitungspläne und eine Handbibliothek, sowie Einrichtungen für Photographie enthält, letztere zweckmäßiger in einem besonderen Nebenraum.

[1]) Vgl. a. O., Lehmann, Elektrische Lichterscheinungen, Halle 1898, S. 548.

Der Schreibtisch (ohne Aufsatz) wird in der Nähe eines nach Norden gelegenen Fensters aufgestellt, in solcher Entfernung davon, daß man es bequem öffnen kann und im Winter nicht belästigt wird durch den daran durch Abkühlung entstehenden abwärts gerichteten Luftstrom, welcher namentlich bei den großen Fensterflächen von Monumentalbauten, an welchen Vorfenster nicht angebracht werden dürfen, sehr gesundheitsschädlich ist und längeres Arbeiten häufig ganz unmöglich macht. Schließen die Fenster nicht, was ebenfalls häufig vorkommt, so ist die Sache noch schlimmer, da zwischengelegte Baumwollstreifen u. dergl. beim Putzen der Fenster gewöhnlich wieder abhanden kommen.

Der Schreibtisch muß sehr groß sein und zahlreiche Schubfächer für die nötigen Schreibmaterialien: Schreib- und Konzeptpapier, Kopfbogen, Notizblätter, Couverts u. s. w. enthalten. Schreibzeug mit Bleistift, Federn, Buntstift, Radiergummi, Radiermesser, Falzbein, Lineal, Schere, Stempel, Tintenlöscher, Briefklemmer, Briefbeschwerer, Briefkorb, Arkansas-Schleifstein zum Messerschleifen, Schreibunterlage, Locher (zum

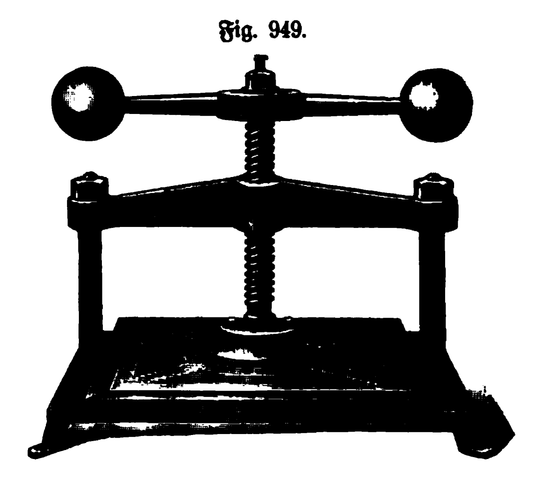


Fig. 949.

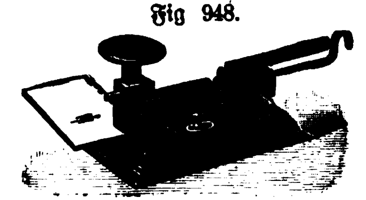


Fig 948.

Durchlochen von Schriftstücken), Brieföffner, Löscher, Schreibmappen, Bücherstützen u. s. w. befindet sich auf dem Tische, ebenso flüssiger Gummi; Tintenflaschen, Bindfadenbüchse, Leuchter mit Siegellack, Aktenstecher, Reißnägel, Heftmaschine[1]), Briefwage u. dergl. dagegen auf einem Schaft an der Wand in der Nähe. Ein Papierkorb daneben.

Auf einem besonderen kleinen Tische befindet sich die Kopierpresse[2]) nebst den nötigen Utensilien, eventuell auf einem zweiten ein Hektograph[3]) oder eine

---

[1]) Solche Artikel in großer Auswahl liefern beispielsweise F. Soennecken, Schreibwarenfabrik in Bonn; A. Heinemann u. Co. in Berlin SW., Charlottenstraße 18 u. a. Eine reiche Auswahl der verschiedensten Schreibmaterialien enthält der Katalog von F. Soennecken, Schreibwaren- und Schreibmöbelfabrik in Bonn. Eine Heftmaschine, nach Fig. 948, ist zu beziehen von Sonnenthal in Berlin. — [2]) Ich benutze häufig zum Kopieren einfach einen sog. Gummiquetscher, wie er zu photographischen Arbeiten gebraucht wird, d. h. eine kleine Walze, über welche ein Kautschukschlauch gezogen ist. Eine eigentliche Kopierpresse nach Fig. 949 liefert H. Hommel in Mainz. A. Heinemann u. Co., Berlin SW., Charlottenstraße 18, empfehlen zum Vervielfältigen von Schriftstücken, Zeichnungen u. s. w. Ahaceblätter, die kein Abwaschen und keine Vorbereitungen erfordern. Ein Blatt kann für vier Originale verwendet werden, und von jedem Original kann man 80 Abzüge herstellen, ein Dutzend Oktav-, Quart- oder Folioformat kostet 2 bis 4,20 Mk. Eine Flasche Tinte 0,60 Mk. Violett giebt die meisten Abzüge. — [3]) Hektographenmasse erhält man durch Zusammenschmelzen von 100 Tln. Leim, 400 bis 500 Tln. Glycerin, 200 bis 375 Tln. Wasser und 25 Tln. Schwerspat oder Kaolin. Der Leim wird

kleine autographische Presse[1]) eventuell auch eine kleine Buchdruckpresse, auf einem dritten die Schreibmaschine[2]).

Zum Aufbewahren größerer Papiere, wie Zeichenpapier, Pauspapier, Pausleinwand, Packpapier u. s. w., dient ein besonderer Schrank.

Ein weiterer Schrank enthält Akten, Briefordner, Schnellhefter[3]) u. s. w., andere die Bibliothek und ein offener Schaft die Geschäftsbücher, Inventar u. s. w.

In das Inventar werden die Apparate nicht, wie es häufig geschieht, systematisch nach den einzelnen Kapiteln der Physik geordnet eingetragen, sondern nach dem Datum der Anschaffung. Eine andere Systematik ist hier ganz unzulässig, da sich die Einteilung der Physik fortwährend ändert, das einmal angelegte Inventar aber für alle Zeiten Gültigkeit behalten und namentlich auch erkennen lassen muß, welche Zugänge in den einzelnen Jahren erfolgt sind.

Natürlich muß man daneben auch ein systematisch geordnetes Verzeichnis der Apparate besitzen, welches aber wegen der Veränderlichkeit der Systematik nicht eingebunden sein darf[4]). Ich verwende einen sogenannten „Zettelkatalog“, bestehend aus einzelnen Blättern von Quartformat in einer oder mehreren Mappen, ähnlich Herbariummappen. Auf jedem Blatte ist nur ein Apparat notiert, nebst allem, was für den Gebrauch desselben zu wissen nötig ist. Insbesondere ist darauf eine Skizze gezeichnet, welche die Art und Weise des Gebrauchs der Aufstellung im Auditorium, der Verbindung mit Leitungen u. s. w. auf einen Blick übersehen läßt.

Die Blätter sind in derselben Reihenfolge geordnet, in welcher die Apparate im Unterrichte nacheinander gebraucht werden. Veränderungen in der Verteilung des Unterrichtsstoffes, Neuanschaffungen u. s. w. können hierbei in einfachster Weise durch Umordnung oder Einschaltung neuer Blätter berücksichtigt werden. Der Zettelkatalog ermöglicht auch Vereinfachung des Inventars, indem dort jene Bemerkungen in Wegfall kommen und nur auf den Zettelkatalog verwiesen wird. Es ist zweckmäßig, die entsprechende Nummer des Zettelkataloges eventuell auf Pergament-

---

natürlich zuvor in Wasser aufgeweicht. Bequemer sind die im Handel zu beziehenden, mit Hektographenmasse bestrichenen Kopierpapierblätter. — [1]) Eine kleine, vielseitig verwendbare autographische Presse ist zu beziehen von Paul Wenzel in Dresden A., Marschallstraße 37 a. Kleine Buchdruckpressen liefert die Leipziger Lehrmittelanstalt, Leipzig, Windmühlenstraße 39, zu 6,5 bis 20 Mk. Druckfläche bezw. 75 × 90 mm bis 125 × 185 mm. Dieselbe Firma liefert eine Druckpresse mit Kautschuktypen (Setzrahmen 7 × 3 cm) mit vier Zeilen zu 6 Mk. Kautschukstempel mit auswechselbaren Typen sind bei jedem Stempelschneider zu haben. — [2]) Als Schreibmaschine verwende ich die Underwoodmaschine; zu beziehen von J. Muggli, Frankfurt a. M. oder von v. Chrustschoff in Karlsruhe, Friedrichsplatz 7, welche zwar teuer ist (Preis 525 Mk.), aber vor anderen wesentliche Vorzüge besitzt. Eine einfache Schreibmaschine (Lambert-Sch.) ist zum Preise von 150 Mk. zu beziehen von Grammophon (Bernhard Basting), Berlin W., Friedrichstraße 189. — [3]) Schnellhefter sind Briefordner, bei welchen die Schriftstücke durch Anheften an dünnes biegsames Metallband zusammengehalten werden, so daß jedes einzelne leicht wieder herausgenommen werden kann (zu beziehen von F. Soennecken, Bonn; Lahrer Akzidenzdruckerei Otto Schauenburg u. Co., Lahr i. B. u. s. w. Eigentliche Briefordner in Buchform liefert z. B. Bellers Registrator Kompagnie, Berlin S. 26, Elisabethufer 5. Dieselbe Firma liefert zusammensetzbare Bücher- und Registratorschränke. Bücherschränke liefert H. Zeiß, Frankfurt a. M., Kaiserstraße 36. — [4]) Nach Uhlig wiederholt sich mit größter Regelmäßigkeit die Erscheinung, daß jeder Nachfolger es als eine seiner ersten Arbeiten sein läßt, einen neuen Katalog anzufertigen.

streifen nur mit Bleistift einzutragen, so daß etwaige Änderungen der Systematik durch Auslöschen der alten und Einsetzen der neuen Nummer ohne Mühe berücksichtigt werden können.

Solche Verweise auf den Zettelkatalog erleichtern wesentlich die Revision des Inventars, welche alljährlich in den großen Ferien vorgenommen werden soll.

Besonders wertvoll wird der Zettelkatalog im Falle eines Wechsels in der Besetzung des Lehrstuhls, beim Eintritt neuer Assistenten, Gehilfen u. s. w. Da oft für den Nachfolger eine Menge Schwierigkeiten dadurch erwachsen, daß bei einzelnen Apparaten nicht ohne weiteres ersichtlich ist, wozu sie dienen sollen, wohin sie bei etwa notwendiger Reparatur geschickt werden müssen oder woher Ergänzungsteile zu beziehen sind, welche besonderen Vorsichtsmaßregeln beim Gebrauch zu beachten sind, welche Teile von anderen Apparaten mit zugezogen werden müssen, welches die Konstanten von Meßapparaten sind, wie die verschiedenen Leitungen, namentlich solche unter dem Fußboden, verlaufen und miteinander zusammenhängen u. dergl. mehr. B. Kolbe (1889) schlägt vor, alle derartigen Bemerkungen in das Inventar aufzunehmen und zu diesem Zwecke in ausreichendem Maße freien Raum auszusparen. Bei größeren Sammlungen dürfte indes dem die Schwierigkeit entgegenstehen, daß das Inventar zu unhandlich würde, und ferner ganz besonders, daß der Experimentator nicht Zeit hat, vor Benutzung jedes Apparates Nachforschungen im Inventar anzustellen, ob etwa dort eine Bemerkung über den Gegenstand sich vorfindet.

Auch der Zettelkatalog ist indes in dieser Hinsicht nicht vollkommen zureichend, da z. B. von den Firmen den Apparaten beigegebene ausführliche Gebrauchsanweisungen nicht ohne weiteres eingeordnet werden können, um nicht das Ganze zu unhandlich zu machen. Eventuell können derartige Anweisungen auf Pappe aufgezogen, mit Bindfaden oder Kettchen angehängt oder zusammengefaltet in kleinen Pappkästchen mit gleicher Inventurnummer den Apparaten beigefügt werden. Es besteht aber immer die Gefahr, daß sie verloren gehen oder durch den Gebrauch bis zur Unleserlichkeit beschmutzt werden. Sicherer geht man deshalb, wenn man eine besondere Sammlung von Gebrauchsanweisungen anlegt und dem Apparate nur einen Hinweis auf das betreffende Blatt dieser Sammlung beigibt. Geht dann auch der Zettel verloren, so ist das Unheil nicht so groß, als wenn die Gebrauchsanweisung selbst verloren wäre, da das fragliche Blatt mit Hilfe des bei der Sammlung anzulegenden Registers nötigenfalls leicht wieder aufgefunden werden kann.

Das Inventar selbst würde also nach diesen Vorschlägen nur enthalten: Zeit der Anschaffung und Nummer des Apparates, Bezeichnung desselben, Bezugsquelle, Preis, Zeit des Abgangs und eventuell noch kleine Bemerkungen über spätere Abänderungen, Zugehörigkeit zu anderen Inventarnummern, Ersatzteile u. s. w.

Die Inventarnummern werden den Apparaten womöglich nicht aufgeklebt, sondern in Holz eingestanzt, in Metall oder Glas eingeätzt. Dieselbe Nummer findet sich auch an dem Platze, wohin das Instrument gehört, etwa auf Papier- oder Blechschildchen, welche mittels kleiner Stiftchen an der betreffenden Stelle befestigt sind. Dauernd dürfen diese Schildchen nicht befestigt sein, da von Zeit zu Zeit eine Neuordnung der Sammlung stattfindet.

In den meisten Fällen eignet sich zum Auftragen der Nummern gelbe oder rote Ölfarbe, wie sie in Tuben käuflich ist, welche man mit etwas Terpentinöl

verdünnt und mit einem kleinen Pinsel oder einer Feder aufträgt. Empfohlen wird auch eine Tinte[1]), bestehend aus Natronwasserglas (1 bis 2 Tle.) und flüssiger Tusche (11 Tle.) oder Natronwasserglas (3 bis 4 Tle.) und 1 Tl. Permanentweiß (Beiblätter **22**, 810, 1898).

Zur provisorischen Bezeichnung können die in verschiedenen Farben im Handel zu beziehenden Fettstifte (von A. W. Faber) dienen. Auch mit gewöhnlicher Kaisertinte kann man auf Glas schreiben, wenn man die zu beschreibende Stelle vorher mit einem kleinen Lappen mit der Tinte ein wenig befeuchtet und trocken gerieben hat. Nach mehreren Tagen haftet die Schrift sehr fest. Noch besser eignet sich flüssige Tusche (von Wichmann) eventuell mit Zusatz einer Spur Wasserglas. Man darf aber immer nur wenig zurecht machen, da sich nach längerem Stehen die Kieselsäure abscheidet.

Nach Margot kann man mit einem Aluminiumstift auf gut gereinigtes Glas wie mit Bleistift auf Papier schreiben. Nach Berger soll die Schrift noch besser ausfallen, wenn man die Glasoberfläche vorher mit einer Lösung von kieselsaurem Kali befeuchtet. Torsten Thunberg empfiehlt, mit einem glühenden Platinstift zu schreiben, wie er für Holzbrandapparate[2]) benutzt wird. Für feine Schrift eignet sich auch der Schreibdiamant, doch führt solche Schrift leicht mit der Zeit zu Sprüngen, namentlich bei Gegenständen, die erschüttert werden. Für grobe Schrift, welche unzerstörbar sein soll, kann man sich der im Handel zu beziehenden Diamanttinte bedienen, welche mit einer gewöhnlichen Stahlfeder aufgetragen wird. Sie besteht aus einer Mischung von Flußsäure, Fluorammonium, Oxalsäure und Baryumsulfat oder Fluorwasserstoff-Fluorammonium mit Baryumsulfat und Flußsäure. Reibt man die beschriebenen Stellen mit einem Metallstückchen oder Bleistift, so erscheinen sie glänzend und undurchsichtig.

Sehr bequem ist das in neuerer Zeit häufig benutzte Ätzverfahren von Rienstädt mittels Kautschukstempels. Der Stempel wird, wie beim Gebrauch auf Papier, mit einer Farbe befeuchtet, und die Farbe auf Glas abgedruckt. Nun stäubt man die betreffende Stelle mit dem ätzenden Pulver (wahrscheinlich Fluorwasserstoff-Fluorammonium) ein, welches nur an den Stellen hängen bleibt, an welchen sich die klebrige Farbe befindet, setzt den Gegenstand für einige Minuten der Einwirkung von Wasserdampf aus und wischt ihn mit einem Lappen ab. Der Abdruck des Stempels zeigt sich alsdann sehr schön matt geätzt.

Rienstädt hat auch ein analoges Verfahren zum Ätzen auf Metall erfunden, wobei dann die geätzte Stelle schwarz erscheint[3]).

Zum Aufkleben von Etiketten auf Blechschachteln, welche der Feuchtigkeit ausgesetzt sind, wird empfohlen eine Mischung von Eiweiß und Wasser. Man bringt ersteres durch Auflegen eines heißen Bügeleisens zum Gerinnen.

Zum Etikettieren von Schachteln u. dergl. klebt man einfach die käuflichen

---

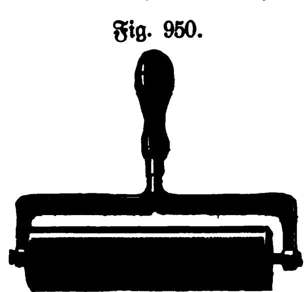
[1]) Über eine auf Glas haftende Tinte, bestehend aus Schellack und Boraxlösung mit Anilinfarbe s. Beiblätter 21, 369, 1897. Eine ähnliche Tinte besteht aus 20 Tln. Erdpech, 10 Tln. Kopallack, 100 Tln. Benzin und etwas Kienruß. Unna (1901) empfiehlt Gelanthtinte, hergestellt aus Tragantschleim und überhitzter Gelatine, zu beziehen von der Schwanapotheke in Hamburg. — [2]) In jedem Spielwarengeschäft zu haben. — [3]) Siehe auch Deutsche Mechanikerzeitung 1900, S. 193. Die nötigen Utensilien und Chemikalien können von dem Erfinder, Rienstädt, Berlin, Annenstr. 1a, bezogen werden, ferner von Roderow, Farben- und Tintenfabrik, Berlin SO., Eisenbahnstr. 4.

gummierten Etiketten auf, oder weißes Schreibpapier, auf welches man, falls die Schrift weithin sichtbar sein soll, mittels Schablonen und (sehr wenig angefeuchteter) Tusche oder mittels einer Gummifeder oder eines Pinsels die Bezeichnung aufträgt.

In ein besonderes Leihbuch wären Bemerkungen darüber einzutragen, welche Apparate ausgeliehen oder zur Reparatur gegeben sind, wann, wem, auf wie lange und später das Datum der Rückgabe. Eine besondere Mappe enthält die ausgestellten Leihscheine, eine andere (ein sogenannter Brieforduer) die Korrespondenz nebst Kopien der Briefe, falls man es vorzieht, letztere nicht in einem Kopierbuche, sondern auf losen Blättern auszuführen[1]), welche dann jeweils den betreffenden Antwortbriefen aufgeklebt werden. Die Nummern der Briefe nebst Adresse und Betreff werden in ein Korrespondenzinventar eingetragen.

Kleinere Anschaffungen werden, um jederzeit die Richtigkeit einlaufender Rechnungen kontrollieren zu können, nur gegen Bestellzettel gemacht, es muß also auch ein Bestellzettelbuch vorhanden sein, sowie ein Schaft für die Kontobücher der verschiedenen Geschäfte, so daß das gesuchte sofort aufgefunden werden kann. Zum Aufbewahren der einlaufenden Rechnungen kann man ebenfalls Brieforduer benutzen.

Fig. 950.



Zweckmäßig ist es, in einem besonderen Buche fortlaufend die Ausgaben und die Preise der bestellten Gegenstände zu notieren, um sich jederzeit orientieren zu können, wie viele Mittel noch zu Gebote stehen[2]). Eine besondere Abteilung muß darin für die kleineren Ausgaben vorbehalten werden, zu deren Deckung in der Regel von der Kassenverwaltung Vorschüsse gewährt werden, da sie nicht in Rechnung gestellt werden können, sondern sogleich baar bezahlt werden müssen.

Das sogenannte Journal ist ein Notizbuch, in welches alles, was täglich zu notieren ist, insbesondere zu Tage getretene Lücken in der Sammlung, d. h. nötige Anschaffungen, Reparaturen u. dergl. durcheinander eingetragen wird. Aus diesem werden dann später zu gelegener Zeit die zusammengehörigen Notizen in besondere Notizbücher eingetragen (eines für anzuschaffende Apparate und Materialien, ein zweites für Bausachen, das dritte für Reparaturen, das vierte für Neuherstellung von Apparaten, ein weiteres für Wäsche von Handtüchern, Zimmerreinigung u. s. w.).

Für die Bibliothek wird ein besonderes Inventar angelegt. Ebenso ein Inventar der Preislisten, Kataloge von Mechanikern u. s. w. Dasselbe enthält

[1]) Auf einzelnen Blättern kann man ohne Kopierpresse leicht in der Weise kopieren, daß man das Kopierpapier (Seidenpapier) mit einem Schwamme anfeuchtet, mit Fließpapier abtrocknet, dann auf die Schrift auflegt und mit einem sogenannten Gummiquetscher (Fig. 950), d. h. einer kleinen Kautschukwalze, die man sich eventuell aus einem Stückchen Kautschukschlauch leicht selbst herstellen kann, überfährt. Sind mehrere Kopien anzufertigen, so feuchtet man zuerst alle Papiere an, indem man eines auf das andere legt. Jedes dient dann für das vorhergehende zugleich als Fließpapier und man kann somit letzteres ganz sparen. — [2]) Als Minimum für Mittelschulkabinette verlangt Schlegel (Z. 10, 201, 1897), ebenso wie Fr. C. Müller, für erste Anschaffung 5000 Mk. und als jährliches Aversum 300 bis 400 Mk.

auch ein geordnetes Verzeichnis von Bezugsquellen. Inseratausschnitte werden in ein besonderes Heft eingeklebt.

Größere Kataloge von Firmen werden am besten in Mappen [1]) untergebracht, welche sich ähnlich wie Herbariummappen beliebig erweitern und fest zusammenschnüren lassen.

Man bindet dieselben am einfachsten in der Reihenfolge, in welcher sie einlaufen, gibt jedem eine Nummer und legt einen alphabetisch und einen systematisch



Fig. 952 a. Fig. 953 a. Fig. 954 a. Fig. 951 a. Fig. 952 b. Fig. 953 b. Fig. 954 b. Fig. 951 b.

geordneten Index an, in welchem die Nummer des Kataloges und damit auch die Mappe, in der er sich befindet, sofort aufgefunden werden kann. Diese Anordnung hat den Vorzug, daß die Preislistensammlung stets geordnet ist, keiner Revision bedarf und immer sofort schon an dem Stande der Mappe erkannt werden kann, ob es sich um einen alten oder neuen Apparat handelt [2]).

Sehr wesentlich ist auch das Vorhandensein von Leitungsplänen, um sich jederzeit über den Verlauf einer Leitung ohne Umstände orientieren zu können. Ich habe mir zu diesem Zwecke den Grundriß des Instituts in einzelnen Abteilungen

[1]) Dissertations- und Skripturenkasten für lose Schriften u. s. w. liefert Theodor Schröter in Leipzig-Connewitz. — [2]) Dissertationskasten in verschiedenen Formen, Fig. 952 a u. b, 953 a u. b, 954 a u. b, sowie Alphabetzettelkasten, Fig. 956 u. 957, liefert F. Hofmann, Kartonagenfabrik, Dresden A. 16, Hohlbeinstraße 109.

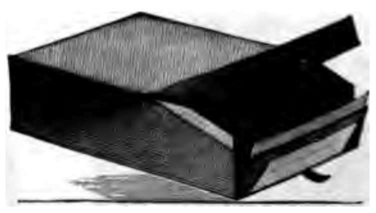
auf Bogen in Aktenformat autographisch vervielfältigen lassen. Auf jedem solchen Bogen ist nur eine einzige Leitung eingetragen, so daß man deren Verlauf leicht verfolgen kann.

Was die Akten anbelangt, so heftet man nicht etwa jeweils die Eingänge eines Jahres in einen Faszikel, sondern legt verschiedene Faszikel an, von welchen

Fig. 956.



Fig. 955.



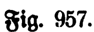


Fig. 957.



jedes in einem besonderen Fache des Aktenschrankes mit der entsprechenden Aufschrift (z. B. Allgemeine amtliche Verordnungen, Erlasse betreffend Sammlung, Laboratorium, Assistent, Diener, Bausachen, Unfallversicherung, Examina, Zeugnisse, Zuhörerlisten, Praktikantenlisten u. s. w.) untergebracht wird.

An kleineren Instituten ist das Verwaltungszimmer zugleich das Direktionszimmer. An größeren ist ein besonderer Beamter erforderlich — in Karlsruhe führt er den Titel „Technischer Assistent“ —, welcher gleichzeitig die Geschäfte eines Sekretärs und Inspektors und die eines Werkführers und Vorlesungsassistenten versieht und dementsprechend vielseitige Bildung und Gewandtheit besitzt. Feinmechaniker, welche eine Baugewerkschule absolviert und sich auch in Elektrotechnik bis zu gewissem Grade Hochschulbildung verschafft haben, eignen sich am besten für eine solche Stellung, doch hängt sehr viel von den besonderen Fähigkeiten, Anlagen und Neigungen ab.

Ist ein technischer Assistent angestellt, so ist natürlich das Verwaltungszimmer sein eigentliches Dienstzimmer und es müssen sich dann besondere Räume für den Institutionsvorstand anschließen, bestehend aus Sprech- und Arbeitszimmer, Privatlaboratorium, Privatwerkstätte, Zimmer für spezielle Arbeiten, wie Mikroskopzimmer, Hochspannungsraum, magnetisches Zimmer, Räume für konstante Temperatur, hohe, niedere Temperatur, Dunkelzimmer u. s. w. Weiter folgen

dann Assistentenzimmer, Bibliothek, allgemeine Laboratoriumsräume und Dienstwohnungen.

Dienstwohnungen von Vorstand, Assistenten und Dienern sollen vorhanden sein, weil es notwendig ist, daß stets jemand, der Auskunft geben und die Aufsicht führen kann, in der Nähe ist und weil das vielfache Hin- und Herwandern zwischen Wohnung und Institut, wenn diese nicht vereinigt sind, zu viel Zeit in Anspruch nimmt.

66. **Das Rechnen.** Bei der Menge von Rechnungen, die bei quantitativen Vorlesungsversuchen und bei Konstruktion von Apparaten auszuführen sind, gehören zur Einrichtung des Verwaltungszimmers namentlich auch Vorrichtungen zur Erleichterung des Zahlenrechnens. Wohl kann man durch abgekürztes Rechnen, auf welches leider in den Schulen zu wenig Wert gelegt wird [1]), häufig Rechnungen mit genügender Genauigkeit weit rascher ausführen, als nach den schulmäßigen Methoden, indes ist doch die weitaus bequemste und deshalb jedem Techniker geläufige Art der Ausführung von Rechnungen die mittels des Rechenschiebers [2]).

Das Prinzip des Rechenschiebers ist ein so einfaches, daß man nicht versäumen sollte, vor Beginn des Unterrichts dasselbe kurz zu besprechen. Zur Erläuterung können zwei Lineale dienen, welche man wie Fig. 958 aneinander legt.

---

[1]) Siehe Ostwald, Hand- und Hilfsbuch für physiko-chemische Messungen, Leipzig, Engelmann, 1893. — [2]) Siehe B. Esmarch, Die Kunst des Stabrechnens. Seydels Buchhandlung, Berlin. Ich benutze gewöhnlich Rechenschieber von Albert Nestler, Mechaniker, Lahr i. Baden (Preis etwa 10 Mk.). Andere Bezugsquellen sind: A. W. Faber, Stein b. Nürnberg; Breithaupt u. Sohn, Fabrik wissenschaftlicher Instrumente, Kassel, Georgenstr. 1; G. Butenschön, Werkstatt für wissenschaftliche Instrumente, Bahrenfeld bei Hamburg; Dennert u. Pape, Mathematisch-mechanisches Institut, Altona, Friedenstraße 53 bis 55; Eckert u. Hamann, Werkstätte für Präzisionsmechanik, Friedenau bei Berlin, Hedwigstr. 17; H. Heustreu, Verfertiger wissenschaftlicher Instrumente, Kiel, Schumacherstr. 9; Landsberg u. Wolpers, Optisch-mechanisches Institut, Hannover, Grupenstr. 4; W. Maeß, Feinmechaniker und Optiker, Dortmund, Westenhellweg 96: G. Meißner, Mechanisch-optische Präzisionsmechanik, Berlin NW., Perlebergerstr. 26; C. Preisinger, Werkstätte für wissenschaftliche Instrumente, München, Sendlingerstr. 52; Fr. Randhagen, Mechanisches Institut, Hannover, Holscherstr. 13; Cl. Riefler, Fabrik mathematischer Instrumente, Nesselwang, Bayern; Schlesicky-Ströhlein, Techn. Versandgeschäft, Frankfurt a. M., Kaiserplatz 17. Die Schieber von Nestler haben vor anderen den Vorzug, daß durch eine auf der Unterseite aufgeleimte Celluloidplatte ein Verziehen des Holzes, welches bei anderen Konstruktionen manchmal sehr stört, unmöglich gemacht wird. Außer stabförmigen Rechenschiebern gibt es auch kreisförmige, welche, da die Teilung in sich zurückläuft, und weil die Drehung sich exakter ausführen läßt, gewisse Vorzüge besitzen. Dahin gehört z. B. Hermanns Rechenknecht, zu beziehen von Wiesenthal u. Cie. in Aachen. (Siehe G. Herrmann, Das graphische Einmaleins, Braunschweig 1875.) Den Vorzügen der Rechenscheiben stehen aber Nachteile gegenüber, die den stabförmigen Schiebern zu wesentlich größerer Verbreitung verholfen haben. Eine sehr kompendiöse Form des Rechenschiebers ist Proells Rechentafel (zu beziehen von Heinrich Putscher, Dresden A., Wittenbergerstraße 70 und der Verlagsbuchhandlung J. Springer, Berlin N., Monbijouplatz 3, zu 3 Mk.). Sie läßt sich in jedem Notizkalender aufbewahren und besitzt die Genauigkeit eines Rechenschiebers von 1,2 m Länge. (Siehe ferner Zeitschr. f. Instrum. 21, 7, 55, 1901.) Anleitung zur Herstellung kleiner Rechenschieber gibt Ostwald, l. c., S. 24. Siebenstellige Logarithmen und Antilogarithmen zum Schnellrechnen nach O. Dietrichkeit sind zu haben bei J. Springer, Berlin N., zu 3 Mk. Einen Universalschnellrechner unter der Bezeichnung Momentpraktikus liefert Remig Rees, Behingen Nr. 30 (Württemberg), zu 3 Mk.

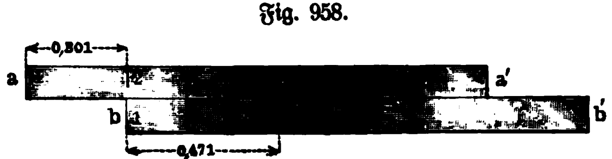
Bekanntlich ist $\log 2 \cdot 3 = \log 2 + \log 3$.

Man trage nun auf dem Lineal $a a'$ die Länge $\log 2$, d. h. 0,301 m von a aus ab, ebenso auf $b b'$ von b aus die Länge 0,471 m, d. h. $\log 3$, und bezeichne den ersten Teilstrich mit 2, den anderen mit 3. Ferner verschiebe man $b b'$ so, daß das Ende b an den Teilstrich 2 kommt. Dann ist die Summe beider Längen gleich dem $\log 2 \cdot 3$, d. h. $\log 6$. Über den Strich 3 setze man deshalb auf dem Lineal $a a'$ die Zahl 6.

Einfacher hätte man den letzteren Teilstrich erhalten, indem man direkt auf $a a'$ von a aus den $\log 6$ abgetragen hätte.

Nehmen wir nun an, es seien auf $a a'$ alle möglichen Logarithmen aufgetragen und die erhaltenen Teilstriche durch die Zahlen bezeichnet, und verfahren wir, wie eben geschehen, d. h. legen den Anfang des „Schiebers" $b b'$ an den Strich 2, so finden wir über dem Strich 3 das Produkt von 2 und 3, d. h. 6.

Fig. 958.



Dies wird natürlich allgemein gelten. Schieben wir z. B. den Schieber an den Strich 6, so werden wir über 3 das Produkt 3.6, d. h. 18 finden. Wir könnten also mit unserer Vorrichtung äußerst rasch die Produkte aller Zahlen mit 3 finden.

Tragen wir nun auf dem Schieber nicht nur den $\log 3$ auf, sondern ebenfalls alle möglichen Logarithmen, so können wir nicht nur die Produkte jeder Zahl mit 3, sondern mit jeder beliebigen anderen leicht auffinden.

Wäre das Produkt, wie dies bei physikalischen Rechnungen häufig vorkommt, nochmals mit einer oder mehreren Zahlen zu multiplizieren, so hat man natürlich nicht nötig, die einzelnen Produkte abzulesen, man fixiert sie nur dadurch, daß man einen beweglichen Index darauf schiebt, um rasch den Schieber in richtiger Weise anlegen zu können.

Man erhält selbstverständlich mittels des Rechenschiebers nur die Ziffern des gewünschten Produkts. Welches aber die Stellenzahl ist, kann man in jedem Falle leicht durch eine einfache Überlegung finden, indem man runde Zahlen statt der wirklich gegebenen einsetzt.

In gleich einfacher Weise wie die Multiplikation kann mittels des Rechenschiebers die Division ausgeführt werden. Soll z. B. 6 durch 3 dividiert werden, so schiebt man die Zahl 3 des Schiebers unter 6 und findet dann am Anfang, d. h. da, wo 1 steht, das Resultat 2.

Kommt bei diesem Verfahren 1 über das obere Lineal hinaus, so findet sich das Resultat am anderen Ende des Schiebers.

Ist nacheinander mit mehreren Zahlen zu dividieren oder abwechselnd zu multiplizieren und zu dividieren, so liest man die Einzelresultate wie bei wiederholter Multiplikation nicht ab, sondern fixiert nur jeweils die betreffende Stelle auf dem Lineal durch Anschieben des Index. Dabei kann man als Anfang sowohl beim Schieber wie bei dem feststehenden Lineal jede mit 1 bezeichnete Stelle nehmen.

Damit ist die Verwendbarkeit des Rechenschiebers übrigens noch keineswegs erschöpft. Statt eine weitläufige Beschreibung zu geben, wird es aber zweckmäßiger sein, an einzelnen Beispielen den Gebrauch zu erklären.

Beispiel 1. Zu berechnen $1{,}37 \times 2{,}98$. Man kann verfahren, wie bei der Multiplikation von 2 und 3 beschrieben wurde. Der Schieber besitzt indes auch am unteren Rande eine Teilung, welche mit der an dem unteren Lineal korrespondiert. Anstatt das obere Lineal zu benutzen, kann man auch dieses untere mit der unteren Skala des Schiebers verwenden, was bei Multiplikation kleiner Zahlen, wie sie hier vorliegen, den Vorteil bietet, daß die Teilung der unteren Skala dappelt so groß ist als die der oberen. Man findet die Zahlen 408. Da $1 \times 3 = 3$ ist, muß das Resultat eine einstellige Zahl sein, also 4,08.

Beispiel 2. Zu berechnen 456^2. Man kann natürlich, der Definition der zweiten Potenz entsprechend, in gewöhnlicher Weise das Produkt 456×456 bilden, wobei man sich, um die Stellenzahl zu erfahren, überlegt, daß $400 \times 500 = 200\,000$ ist, also, da man die Ziffern 207 findet, das Ergebnis 207 000 sein muß.

Einfacher benutzt man die untere Skala, welche auch Quadratskala genannt wird. Vergleicht man nämlich die Ziffern auf dem unteren und oberen Lineal, so findet man, daß die letzteren die Quadrate der ersteren sind. Man braucht also nur den Index auf 456 der unteren Skala zu stellen und kann dann an derselben Stelle oben das Quadrat 207 000 ablesen.

Beispiel 3. Zu bilden $456^2 . \pi$. Diese Operation ist sehr häufig auszuführen, da das Produkt einen Kreisinhalt darstellt. Man ermittelt zunächst, wie angegeben, 456^2 und multipliziert wie gewöhnlich mit π. Zur Erleichterung des Auffindens von π ist die Zahl 314 sowohl auf dem Lineal wie auf dem Schieber durch einen besonderen Strich dargestellt („π-Strich").

Man kann auch erst π auf dem oberen Lineal suchen, den Index anlegen, nun 456 auf der unteren (nicht oberen) Skala des Schiebers ansetzen, den Index nachschieben und nun am oberen Lineal ablesen.

Beispiel 4. Zu bilden $456^2 \cdot \frac{\pi}{4}$. Auch diese Operation kommt häufig vor, falls nicht der Radius, sondern der Durchmesser des Kreises gegeben ist. Man sucht auf dem unteren Lineal, wie zuvor, 456, schiebt den Index darauf, setzt ulsdann die obere Skala des Schiebers an, sucht darauf $\frac{\pi}{4}$ ($= 0{,}782$), welche Zahl benfalls durch einen besonderen Strich $\left(„\frac{\pi}{4}\text{-Strich"}\right)$ ausgezeichnet ist. An dem beren Lineal findet man darüber das Resultat.

Noch einfacher läßt man sich auf dem Glasschieber, welcher als Index dient, noch zwei Striche ziehen, einen rechts von der Indexlinie von unten bis zur Mitte nd einen links von oben bis zur Mitte. Der Abstand derselben muß so bemessen ein, daß, wenn der erstere auf 1 steht, der andere auf 782 zeigt. Stellt man den rsteren auf 456 des unteren Lineals, so zeigt der letztere ohne weiteres auf der beren Skala das gesuchte Produkt, denn der erstere vertritt den 1-Strich des chiebers, der letztere den $\frac{\pi}{4}$-Strich. Man kann somit nach diesem Verfahren rahtquerschnitte an dem Rechenschieber ohne weiteres ablesen, wenn der Durchesser des Drahtes gegeben ist.

Beispiel 5. Zu berechnen $\sqrt{7,89}$. Man suche 789 auf dem oberen Lineal und stelle den Index dahin. Auf dem unteren kann dann ohne weiteres die Quadratwurzel abgelesen werden. Da $\sqrt{9} = 3$ ist, muß sie ungefähr $= 3$ sein. Ist dies nicht der Fall, so hat man die falsche Abteilung des oberen Lineals gewählt, d. h. man hat die $\sqrt{78,9}$ statt der gewünschten erhalten, welche ungefähr $= 9$ sein muß, da $\sqrt{81} = 9$ ist. Um sich von vornherein hierüber rasch orientieren zu können, ist es zweckmäßig, wenn auf der Rückseite des Schiebers die Quadratzahlen (sowie aus gleichem Grunde für Erleichterung der Auffindung der Kubikwurzel die Kubikzahlen) angegeben sind.

Ein anderes Verfahren, die Quadratwurzel zu finden, besteht darin, daß man auf dem oberen Lineal 789 sucht und den Schieber so lange verschiebt, bis sein Anfang auf dieselbe Zahl weist, die auf seiner oberen Skala unter 789 steht. Dieses Verfahren ergibt sich ohne weiteres aus der Definition der Quadratwurzel.

Beispiel 6. Zu bilden 456^3. Man suche auf dem unteren Lineal 456, setze daran 1 des Schiebers, schiebe den Index auf 456 seiner oberen Skala und lese das Resultat vom oberen Lineal ab.

Beispiel 7. Zu bilden $\sqrt[3]{7,89}$. Man stelle den Index auf 789 des oberen Lineals und verschiebe den Schieber so, daß sein 1-Strich auf dem unteren Lineal dieselbe Zahl zeigt, welche auf seiner oberen Skala unter 789 steht. Dieses Verfahren ergibt sich ohne weiteres aus der Definition der Kubikwurzel. Man findet drei Möglichkeiten. Welches das richtige Resultat ist, ergibt die Überlegung, daß $\sqrt[3]{8} = 2$, $\sqrt[3]{125} = 5$, $\sqrt[3]{1000} = 10$. Es wird also sein $\sqrt[3]{7,89} = 1,9$, $\sqrt[3]{78,9} = 4,3$, $\sqrt[3]{789} = 9,28$.

Beispiel 8. Zu berechnen $4,56^4$. Man suche 456 auf dem unteren Lineal, setze daran 456 auf der unteren Skala des Schiebers und lese das Resultat auf dem oberen Lineal ab. Die Stellenzahl ergibt sich, indem man überlegt, daß $4^2 \times 5^2 = 16 \times 25$.

Beispiel 9. Zu berechnen $\sqrt[4]{7,89}$. Man suche 789 auf dem unteren Lineal und stelle den Schieber so, daß 1 auf dieselbe Zahl weist, welche auf seiner unteren Skala 789 auf dem unteren Lineal gegenübersteht.

Ein anderes Verfahren beruht darauf, daß $\sqrt[4]{7,89} = \sqrt{\sqrt{7,89}}$. Man suche also zunächst $\sqrt{7,89}$ und ziehe daraus abermals die Wurzel.

Beispiel 10. Zu suchen *log* 456. Man ziehe den Schieber ganz heraus und wende ihn um, so daß die Rückseite nach oben kommt. Auf dieser befinden sich drei Skalen. Eine mit S, eine mit T bezeichnete und eine mittlere, in gleiche Teile eingeteilte. Man schiebe den Schieber nun wieder so ein, daß sein Nullpunkt zusammenfällt mit Strich 1 des unteren Lineals, suche auf letzterem 456 und lese an der mittleren Skala darüber ab. Dort steht 66. Der gesuchte Logarithmus ist also 2,66, da die Kennziffer 2 beträgt.

Das Herausziehen des Schiebers, Umwenden und Wiedereinschieben ist zeitraubend. Um diese Arbeit zu sparen, ist auf der rechten Seite des Bodens der Nut, in welcher sich der Schieber bewegt, ein Ausschnitt mit einem Index angebracht. Derselbe ermöglicht ohne weiteres, an der Rückseite des Schiebers den Logarithmus abzulesen, wenn man den Anfang der Oberseite (1-Strich) auf die

Zahl 456 des unteren Lineals (der Quadratskala) setzt, wie man sich leicht überzeugen kann.

Ebenso kann man natürlich die umgekehrte Operation ausführen, d. h. die Mantisse eines gegebenen Logarithmus auf den Index des Einschnittes einstellen und dann am 1-Strich der unteren Schieberskala (auf der Quadratskala) den Numerus dieses Logarithmus ablesen.

Beispiel 11. Zu suchen *num log* 2,66. Man hat augenscheinlich gerade umgekehrt zu verfahren. Man sucht auf der mittleren Skala des Schiebers 66 und findet darunter auf der Quadratskala die gesuchte Zahl 456, welche dreistellig sein muß, da die Kennziffer 2 ist. Oder verfährt, wie soeben (bei Beispiel 10) angegeben wurde.

Beispiel 12. Zu suchen *log nat* 456. Es ist bekanntlich *log nat* 456 $= 2{,}3026 . log\, 456$ (da $log\, nat\, 10 = 2{,}3026$ ist). Man hat somit einfach das oben für *log* 456 gefundene Resultat noch mit dem Modul 2,3026 zu multiplizieren oder umgekehrt. Zur Erleichterung kann bei 2,3 ein Punkt oder Strich angebracht werden.

Beispiel 13. Zu bilden $0{,}789^{20}$. Da $log\, 0{,}789^{20} = 20\, log\, 0{,}789 = 20\,(0{,}9 - 1) = 18 - 20 = 0{,}0 - 2$ ist, folgt $0{,}789^{20} = num\, log\,(0{,}0 - 2) = 0{,}01$.

Beispiel 14. Zu suchen *sin* 45,6°. Man stecke den Schieber, die Rückseite nach oben, so ein, daß die mit *S* bezeichnete Skala dem oberen Lineal anliegt, suche auf ersterer 456 und lese die darüberstehende Zahl auf dem Lineal ab. Sie ist 715, somit, da z. B. $sin\, 30^{0} = 0{,}5$, der gesuchte $sin = 0{,}715$.

Beispiel 15. Zu suchen *sin* 4,56°. Man merke sich, daß $sin\, 1^{0} = 0{,}0174$; somit muß der gesuchte *sin* sein: 0,0715.

Beispiel 16. Zu suchen *sin* 4,56′. Annähernd ist $sin\, 4{,}56' = 4{,}56 . sin\, 1' = 4{,}56 . 0{,}00029 = 0{,}00135$.

Um den Schieber nicht umdrehen zu müssen, verfährt man bequemer nach folgendem Schema. Es ist $sin\, 4{,}56' = \frac{4{,}56}{x}$, wenn $x = \frac{100\,000}{29}$. Man hätte also *x* auf der Vorderseite des Schiebers aufzusuchen, unter 456 des oberen Lineals zu stellen und am Anfang des Schiebers (bei 1) am oberen Lineal das Resultat abzulesen, wie bei jeder anderen Division. Der Bequemlichkeit halber ist nun auch auf der Rückseite des Schiebers, auf der *S*-Skala, durch einen besonderen Strich („Minutenstrich") die Länge *x* aufgetragen, so daß man nur nötig hat, diesen Minutenstrich unter 456 zu setzen und am Anfang des Schiebers auf dem oberen Lineal abzulesen. Dort findet man 135 und kann sodann nach dem auf der Rückseite des Rechenschiebers angegebenen Werte von *sin* 1′ die Stellenzahl ermitteln.

Beispiel 17. Zu suchen *sin* 4,56″. Außer dem Minutenstrich ist auf der *S*-Skala auch ein Sekundenstrich (durch ″ bezeichnet) aufgetragen, entsprechend dem Werte $\frac{1}{sin\, 1''} = \frac{1}{0{,}00000485}$.

Man sucht, wie im vorigen Falle, auf dem oberen Lineal 456, setzt den Sekundenstrich darunter und liest die Zahl am Anfang des Schiebers auf dem oberen Lineal ab. Sie ist 22, somit der gesuchte *sin*, entsprechend dem angegebenen Werte von *sin* 1″ gleich 0,000022.

Beispiel 18. Zu suchen *cos* 45°, 6. Man berücksichtige, daß $cos\, 45^{0}{,}6 = sin\, 44^{0}{,}6 = 0{,}765$.

Beispiel 19. Zu suchen $tg\,35^0,6$. Man suche auf der T-Skala der Rückseite des Schiebers 356. Darunter befindet sich auf der Quadratskala die Zahl 718, somit muß sein, da z. B. $tg\,45^0 = 1$, $tg\,35^0,6 = 0,718$.

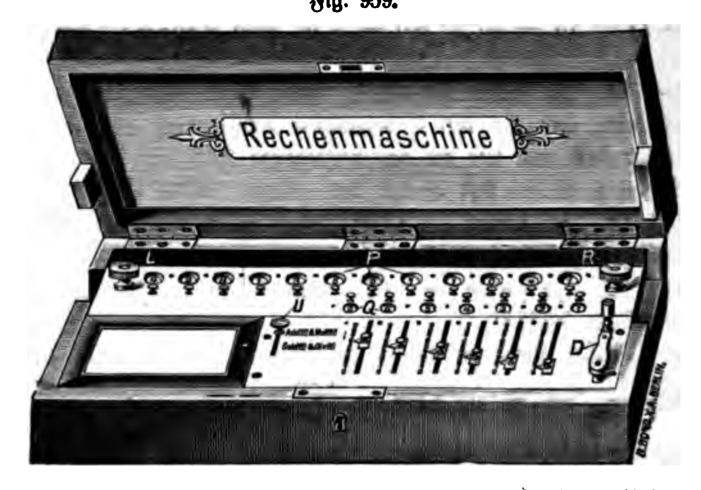
Beispiel 20. Zu suchen $tg\,3,56^0$. Annähernd ist $tg\,3,56^0 = \sin 3,56^0 = 0,06$.

Beispiel 21. Zu suchen $tg\,78^0,9$. Man berücksichtige, daß $tg\,78^0,9 = \frac{1}{cotg\,78,9} = \frac{1}{tg\,11,1} = 5,15$.

Außer zu diesen Berechnungen kann der Rechenschieber auch als Lineal und **Maßstab** gebraucht werden. Auf der abgeschrägten Kante des oberen Lineals befindet sich eine Teilung von 0 bis 250 mm.

Zur Messung größerer Längen ist auch auf dem Boden der Nut, in welcher sich der Schieber bewegt, eine Teilung aufgetragen. Die Zahlen derselben geben die Summe der Länge des ganzen Lineals und des herausragenden Teiles des Schiebers. Unter Benutzung dieser Skala kann man Längen bis 500 mm messen.

Fig. 959.



Auf die Unterseite des Schiebers ist gewöhnlich ein Papier geklebt, auf welches Zahlen gedruckt sind, die der Techniker bei Rechnungen häufig gebraucht. Man ersetzt dasselbe zweckmäßig durch ein anderes, auf welchem die gebräuchlichsten **physikalischen Konstanten** aufgetragen sind.

Nicht für alle Fälle ist die Genauigkeit des Rechenschiebers ausreichend. Man zieht dann zweckmäßig noch eine Rechentafel hinzu, z. B. **Crelles** Rechentafel (Berlin W., Georg Reimer, Preis 15 Mk.) oder die Rechentafel von H. **Zimmermann** (Berlin, Korn, 1889). Bequemer, aber wesentlich teurer, sind die **Rechenmaschinen** (Fig. 959, Preis: 400 bis 700 Mk.), welche von verschiedenen Firmen bezogen werden können [1]).

---

[1]) Die Figur ist dem Katalog von Fr. **Hugershoff**, Leipzig entnommen. Andere Firmen, welche Rechenmaschinen liefern, sind folgende: H. **Breiten**, Mechaniker, Aachen, Königstr. 21; Deutsche Rechenmaschinenfabrik, **Arthur Burkhardt**, Glashütte i. S.; **Eckert und Hamann**, Werkstätte für Präzisionsmechanik, Friedenau bei Berlin, Hedwigstraße 17; K. **Ganter**, Mechanische Werkstätte, Furtwangen (Baden); Glashütter Rechenmaschinenfabrik Saxonia, **Schuhmann u. Co.**, Glashütte i. S.; W. **Heinitz**, Mechaniker, Dresden A., Lortzingstr. 27; **Grimme, Natalis u. Co.**, Braunschweig; C. **Schuster**,

Ferner gebraucht man zu Berechnungen, zur Vermeidung umständlicher Integrationen, zur Ausmessung von Kurvenlängen ein sogenanntes **Meßrädchen**, d. h. ein kleines, mit einem Tourenzähler in Verbindung gebrachtes Rädchen, dessen Umfang 1 cm oder 10 cm beträgt, so daß man durch Abrollen desselben auf der Kurve an dem Tourenzähler sofort die durchlaufene Länge in Centimetern ablesen kann [1]). Zur Ausmessung des Flächeninhalts beliebiger ebener Figuren dient das **Polarplanimeter**, Fig. 967, Lb. 65 [2]).

Auf einfache Weise kann man übrigens Kurven messen mittels eines daran entlang geführten Fadens, den man dann streckt und mittels Maßstab abmißt, noch einfacher mittels des Rollmaßes [3]) (Fig. 960) oder Bandmaßes (Fig. 961). Den Inhalt von Flächen erfährt man ebenfalls einfach durch Ausschneiden der



Fig. 960. Fig. 961.

Fläche aus Karton oder Blech und Abwägen, den Inhalt eines Körpers, indem man ihn in einen mit Wasser gefüllten Maßcylinder wirft und zusieht, um wie viel Kubikcentimeter das Wasser steigt.

67. Das Zeichnen. a) Papierzeichnungen. Die Herstellung der Tafeln muß man selbst, eventuell mit Beihilfe eines Zeichners besorgen, da solche nur ausnahmsweise im Handel zu beziehen sind [4]). Meist wird man die Zeichnung nach einem Holzschnitt in einem Buche herstellen. In einfachen Fällen bietet das Kopieren in vergrößertem Maßstabe mit Zirkel und Maßstab keine Schwierigkeit. Kompliziertere Figuren projiziert man zweckmäßig mit der Wundercamera auf das Zeichenpapier, zieht die Umrisse flüchtig mit Bleistift nach und ergänzt und korrigiert dann das Bild unter Benutzung von Lineal und Winkel. Steht eine Wundercamera nicht zur Verfügung, oder läßt sich das Buch nicht darin befestigen, so kann man sich auch mit dem gewöhnlichen Projektionsapparat helfen, indem man zunächst einen Abdruck von dem Holzschnitt herstellt. Dies gelingt mit leichter Mühe ohne

---

rlin SW., Friedrichstr. 39 (Rechenmaschine Berolina); J. W. **Bamberger**, München S., uhauserstr. 9 (kleine Vorrichtung zu 18 Mk.); **Burroughsche** Additionsmaschinen, brik in Lincoln bei Nottingham (England), sind von der Filiale in Mannheim zu behen. Die Comptometer von **Felt u. Tarrant**, M. F. G. Co., Chicago U. S. A., sowohl n Addieren wie Nullisieren u. s. w. verwendbar, sind ähnlich einer Schreibmaschine t Tasten versehen. Eine Universalrechenmaschine ist ferner zu beziehen von J. W. **Bamberger**, München, Neuhauserstr. 9. — [1]) Zu beziehen von **Hartmann** und **Braun** in kenheim bei Frankfurt a. M.; Dr. J. **May** in Frankfurt a. M. u. a. — [2]) Polarplaniter liefert J. **Amsler-Laffon**, Schaffhausen (Schweiz). — [3]) Zu beziehen von **Hommel**, Mainz und **Sonnenthal**, Berlin. — [4]) Eine Serie von Wandtafeln nach **rhardt** ist zu beziehen von Fr. **Gutsch** in Karlsruhe, Format 70 : 55 cm, Preis für Tafeln 15 Mk.

sichtbare Beschädigung des Originals, wenn man ein Blatt Schreibpapier auflegt, dasselbe mit einem Pinsel mit etwas Xylol befeuchtet (nicht so stark, daß dasselbe durchdringt) und auf harter Unterlage mit der Kante eines Falzbeins kräftig überreibt. Zum Zwecke der Projektion kann man sodann das Papier mit Ricinusöl oder einem Firnis durchsichtig machen.

Auch das Herstellen eines Apparates in der Werkstätte erfordert meist die vorherige Herstellung einer Zeichnung, der sogenannten Werkzeichnung.

Das erste Erfordernis zur Herstellung einer genauen Zeichnung ist ein gutes Zeichenbrett (Reißbrett). Dasselbe muß aus weichem, astfreiem Apfel- oder Birnbaumholz verfertigt und genau rechtwinkelig und möglichst vollkommen eben (jedenfalls nicht vertieft) gehobelt sein.

Zum Auflegen dient ein besonderer Zeichentisch (Fig. 962), dessen Blatt sich schräg stellen läßt [1]). Die Befestigung des Papiers geschieht entweder einfach durch

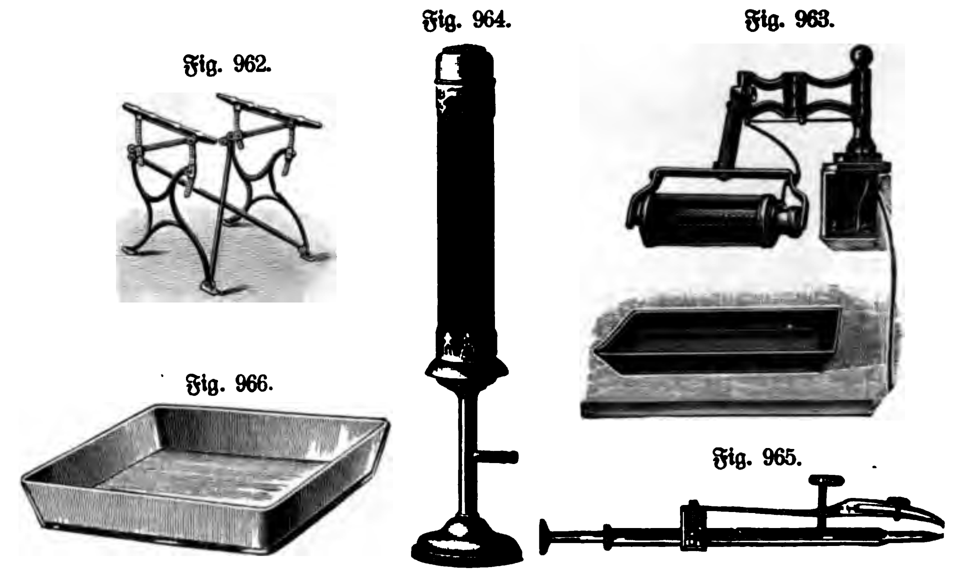


Fig. 962. Fig. 963. Fig. 964. Fig. 965. Fig. 966.

Reißnägel, oder, wenn, wie beim Tuschen, Auftragen nasser Farben und besondere Exaktheit aller Linien verlangt wird, durch Ankleben längs der Ränder, nachdem man zuvor die Rückseite mittels eines Schwammes benetzt hat.

Bei einer neueren Form ist das Reißbrett am Rande mit Nuten versehen, in welche das Papier mit Blechstreifen eingedrückt wird. Beim Schrumpfen des Papiers klemmen sich diese in der Nut infolge der Spannung, so daß das Papier festgehalten wird.

Bezüglich der Auswahl des Papiers sehe man besonders darauf, daß dasselbe nicht wasserfleckig ist und durch Radieren nicht allzusehr angegriffen wird, was sich namentlich beim Bemalen störend bemerkbar macht. Man kann übrigens solches minderwertige Papier durch Überstreichen mit dünner Gelatinelösung wesentlich verbessern, namentlich wenn größere Flächen gleichmäßig mit Farbe angelegt werden sollen.

[1]) Zu beziehen von H. Hommel, Mainz. Andere Bezugsquellen: Herm. Schäuffele, Mechan. Werkstatt, Stuttgart, Möhringerstr. 60; Fritz Schaub, Düsseldorf; A. Patschke u. Co., Wurzen i. S.

Die **Reißschiene** muß durchaus geradlinig und vollkommen rechtwinkelig sein, was sich beides dadurch erkennen läßt, daß man mittels derselben eine Linie zieht und dicht neben diese dann nach dem Umwenden der Schiene mit der gleichen Kante eine zweite. Die Linien sollen natürlich bei richtiger Beschaffenheit der Reißschiene allenthalben gleich weit voneinander abstehen.

Ähnlich prüft man die Richtigkeit des **Dreiecks** (**Winkels**). Man legt es von der linken Seite dicht an die Reißschiene an und zieht eine Linie, sodann schlägt man es in derselben Weise von der rechten Seite an bis dicht zu der eben gezogenen Linie und zieht nun eine zweite. Ist das Dreieck genau, so müssen dieselben durchaus zusammenfallen. Gewöhnlich gebraucht man zwei Dreiecke, ein gleichschenkeliges (mit zwei Winkeln von 45°) und eines mit einem sehr langen und einem kurzen Schenkel.

Ganz besondere Aufmerksamkeit erfordert der Ankauf eines **Reißzeugs**[1]). Man nehme die beste zu erhaltende Qualität und lasse sich nicht durch die oft auch geringeren Sorten beigegebene Menge von Nebenteilen irreführen. Dieselben sind

Fig. 967.



meist unnötig, während in erster Linie eine gute Beschaffenheit der Spitzen des Zirkels und sorgfältige Ausarbeitung seines Gelenkes erforderlich sind, nicht minder auch eine möglichst zweckmäßige Form der Spitzen der Reißfeder, die gleich hoch sein müssen, und weder zu scharf noch zu breit, weder zu sehr gekrümmt noch allzu flach sein dürfen.

Die erste Arbeit zur Herstellung einer Zeichnung ist die Anlage derselben, erst nur ganz schwach provisorisch mittels eines weichen Bleistifts, dann definitiv mittels eines harten, welcher zweckmäßig des Ausziehens feiner Linien halber nicht konisch, sondern meißelartig zugeschärft wird.

Den Zirkel halte man stets am Gelenke und nach der Richtung des Ausziehens schwach geneigt, und vermeide ein zu starkes Eindringen der Spitze. Sind viele konzentrische Kreise zu ziehen, so lege man aus diesem Grunde unter die Spitze ein dünnes, zweckmäßig mit drei eingenieteten Stahlstiftchen versehenes Stückchen Horn. Beim Abmessen entferne man die Schenkel erst weiter als nötig, und drücke

[1]) Gute Reißzeuge liefert **Cl. Riefler**, Fabrik mathematischer Instrumente, Nesselwang und München. Sehr zweckmäßig ist namentlich die Konstruktion der **Fallzirkel** dieser Firma mit feststehender Spitze (vergl. Fig. 965). Andere Bezugsquellen: **C. O. Richter u. Co.**, Chemnitz i. S.; **Gebr. Haff**, Pfronten, Bayern; **Steidtmann u. Roitzsch**, Chemnitz 3; **Gebr. Wennhak**, Mechaniker, Halle a. S., Henriettenstraße 9; **Adam Engelhardt**, Nürnberg; **J. E. Hertel u. Co.**, Neu-Coswig-Dresden; **Gebr. Wichmann**, Berlin NW., Karlstr. 13. Große Zeichentische liefern **Albert Martz**, Stuttgart und **A. Patschke u. Co.**, Wurzen i. S.

sie erst dann auf die rechte Öffnung zusammen. Um die Zeichnung reinlich zu erhalten, lege man unter die zeichnende Hand ein Stück Seidenpapier. Dasselbe sei so durchsichtig, daß man noch nicht ganz bestimmt geplante Details, an die bereits gezogenen Linien anschließend, darauf probierend vorzeichnen und dadurch die eigentliche Zeichnung durch Vermeidung vielen Radierens möglichst schützen kann. Sind alle entdeckten Fehler korrigiert, so wird das ganze Papier so lange mit weichem Radiergummi überwischt, bis sämtliche Bleistiftstriche bis auf schwache Spuren beseitigt sind, und nun erst die eigentliche Ausführung der Zeichnung mit Tusche und Reißfeder begonnen. Man schraube dabei die Spitzen weder zu sehr zusammen, noch zu weit auseinander, halte die Reißfeder immer nach der Richtung der auszuziehenden Linien schief, und probiere stets zuvor auf einem Probeblättchen, ob die Tusche auch recht fließe, und weder zu dick noch zu dünn ist. Sollte die Tusche nicht sofort fließen, so kann man dies durch Neigen der Reißfeder gewöhnlich leicht hervorrufen. Niemals ziehe man eine Linie durch eine andere noch nasse quer hindurch, oder lasse gar mehrere Linien in einem Punkte sich schneiden. Sollte durchaus eine sehr breite Linie erforderlich sein, so ziehe man lieber statt dessen mehrere dünnere dicht nebeneinander, so daß sie zu einer einzigen dicken zusammenfließen, denn allzu weites Auseinanderschrauben der Spitzen entzieht der Flüssigkeit ihren Halt und veranlaßt deren Abtropfen. Aus gleichem Grunde fülle man die Feder nicht zu sehr an und besorge die Füllung mittels eines Pinsels oder Glasstäbchens. Flecke lassen sich zwar mit hartem Gummi oder Messer wieder radieren und durch Überreiben mittels eines Falzbeins unter Zwischenlegung von glattem Papier glätten, doch fallen solche Stellen in der vollendeten Zeichnung immer auf und nehmen Tusche und Farbe nicht mehr gut an. Überstreichen mit dünner Gelatinelösung dürfte auch hier in manchen Fällen von Nutzen sein.

Die Tusche sei von guter Sorte, nach Moschus riechend und auf dem Bruche metallisch glänzend. Gebrauchte, eingetrocknete und wieder aufgeweichte Tusche ist nicht mehr zu verwenden.

Flüssige Tusche, welche sich nach dem Ausziehen nicht wieder verwaschen läßt, ist von den verschiedenen Firmen in den verschiedensten Farben zu beziehen, z. B. von Ludwig Hoerth, Bühl, Baden; R. Reiß, Technisches Versandgeschäft, Liebenwerda, Provinz Sachsen; Günther Wagner, Hannover u. s. w.

Die Reißfeder werde stets von Zeit zu Zeit durch Hindurchziehen eines steifen Papiers gereinigt, da sich leicht durch Verdunsten die Spitze mit Tusche verstopft, und niemals lasse man Tusche in der Feder völlig eintrocknen.

Zum sogenannten Tuschen bedient man sich zweier, an einem Stiel befestigter, nicht zu kleiner Pinsel, von welchen der eine zum Auftragen, der andere zum Verwaschen dient. Die ersten Lagen müssen mit sehr blasser Farbe aufgetragen und die Tiefe der Tusche zunächst einfach durch Wiederholung der Auftragens erzeugt werden, erst von einem gewissen, ziemlich dunkeln Ton an ist die Anwendung dicker Farbe von Vorteil. Das Verwaschen muß möglichst rasch geschehen, jedenfalls immer ehe die aufgetragene Tuschlage eingetrocknet ist.

Bezüglich der Schattierung achte man darauf, daß alle Teile gleichmäßig beleuchtet erscheinen, entferntere beleuchtete Teile etwas dunkler gehalten werden als näher stehende, dunkle dagegen heller als die näheren; die Spitze einer Pyramide etwas dunkler als die Basis. Ein schief beleuchteter Cylinder zeigt einen sehr hellen und etwa symmetrisch dazu einen sehr dunkeln Streifen, analog eine Kugel einen

sehr hellen und einen sehr dunkeln Fleck. Ähnlich wie Tusche werden auch andere Farben aufgetragen, jedenfalls warte man auch bei solchen mit jedem neuen Anstrich, bis der vorausgehende trocken geworden.

Das Kolorieren der Zeichnung findet gewöhnlich mit folgenden Farben statt: Mauerwerk in Backstein: Karmin hell. Mauerwerk in Haustein: Karmin dunkel oder Sepia. Holzwerk in Längsansicht: Terra siena ungebrannt. Hirn- und Hartholz: Terra siena gebrannt. Erde: Umbrabraun. Bronze und Messing: Kadmium und Gummigut. Gußeisen: Neutraltinte. Schmiedeeisen: Indigo. Stahl: Indigo mit etwas Karmin.

In nicht kolorierten Zeichnungen pflegt man durch Schraffieren oder Punktieren mittels der Zeichenfeder Unterscheidungen der Materialien darzustellen. So wird Holz durch Andeutung der Fasern, Jahresringe und Sprünge, Metall durch schiefe Schraffierung, Flüssigkeit durch horizontale, Glas durch Flecke, Kork, Kitt u. dergl. durch feine Punktierung u. s. w. ausgezeichnet [1]). Nebenteile, die nicht zum eigentlichen Apparat gehören, werden gewöhnlich anstatt mit Tusche blau ausgezogen, Maßlinien rot punktiert und an den Enden, um diese scharf zu fixieren, mit schwarzen Häkchen versehen.

Verbraucht man größere Mengen an Farbe, etwa zur Herstellung großer, zur Demonstration bestimmter Zeichnungen, so empfehlen sich die in teigigem Zustande in sogenannten Tuben zu erhaltenden Aquarellfarben, da bei diesen der Zeitaufwand für das Anreiben fortfällt.

Von Günzberg ist eine eigentümliche Tuschiermethode erfunden worden, welche sich besonders dazu eignet, bei größeren Zeichnungen allmähliche und gleichmäßige Übergänge von hell und dunkel, oder von einer Farbe in die andere herzustellen. Die Methode erinnert an den Gebrauch des „Wischers", mit welchem bei Bleistiftzeichnungen sanft wechselnde Schattierungen hergestellt werden. Die Farben sind besonders präpariert, und ähnlich wie Aquarellfarben in kleinen Tuben zu beziehen (von Th. Günzberg, Würzburg). Das Verwischen geschieht mit Hilfe weicher Borstenpinsel, welche so gefaßt sind, daß die Länge der Borsten je nach der herzustellenden Intensität der Farbe reguliert werden kann. Um scharfe Konturen herzustellen, schützt man die Stellen, welche nicht mit Farbe zu bedecken sind, durch Schablonen (aus Papier ausgeschnittene Kurvenlineale), oder man legt nach dem Tuschieren auf die bemalten Teile eine solche Schablone auf und radiert die über die Ränder übergetretene Farbe mit weichem Brot wieder ab. Die Methode gestattet auch, auf dunklem Grunde helle Zeichnungen auszusparen. Man führt nämlich solche Zeichnungen zunächst mit schwachem Gummiwasser aus, bedeckt dann nach dem Trocknen alles gleichmäßig mit Farbe, und wäscht schließlich mit Wasser ab. Da die Farben sich in Wasser nicht lösen und fest am Papier haften, so verschwinden sie nur an den Stellen, an welchen die in Wasser lösliche Gummischicht aufgetragen war [2]).

Die Aufbewahrung größerer Zeichnungen in dem für sie bestimmten Raume auf dem Schnürboden, geschieht am besten hängend, nicht gerollt. Kleinere werden in Mappen untergebracht und nicht mit Holzleisten versehen.

Zur Aufbewahrung derselben dient ein besonderer Schrank mit horizon-

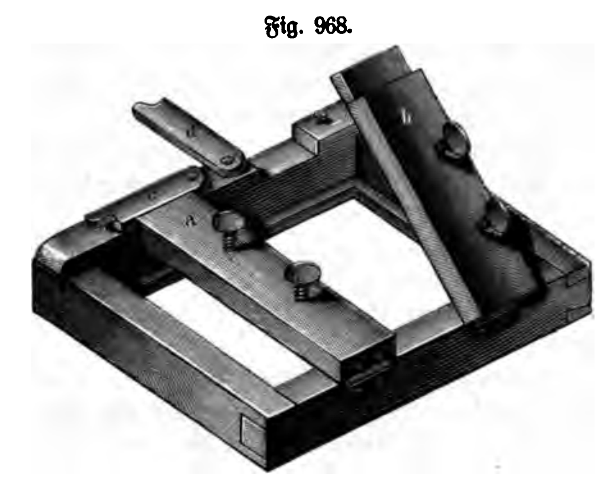
[1]) Siehe auch Grimshaw, Praktische Erfahrungen im Maschinenbau. Springer, Berlin, S. 259; ferner Karl Kimmich, Die Zeichenkunst, Leipzig, Göschen, 1903. — [2]) Für rohe Zeichnungen können auch Tuben-Ölfarben benutzt werden.

talen Fächern, deren jedes eine Mappe enthält und die Aufschrift, welche Nummern des Inventars sich darin befinden.

Lackieren der Zeichnungen ist nicht zu empfehlen, da sie hierdurch glänzend werden. Nur solche, welche häufig in die Hand genommen und dadurch rasch beschmutzt werden, werden lackiert, entweder mit Zaponlack oder mit einer Lösung von 125 g gebleichtem Schellack, 60 g Kampfer und 15 g Kanadabalsam in etwa 1 kg Weingeist.

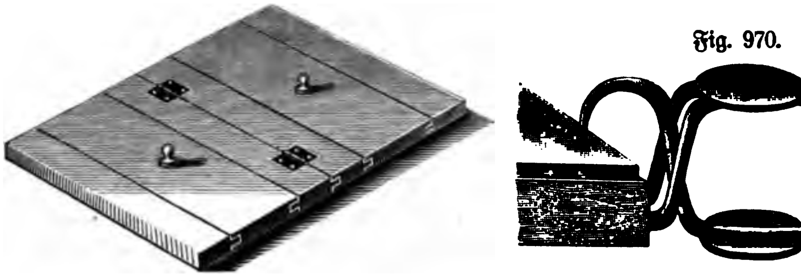
b) Lichtpausen. Zuweilen kommt man in die Lage, von einer Zeichnung eine Lichtpause herstellen zu müssen. Es geschieht dies, indem man zunächst auf möglichst durchsichtigem Pauspapier eine Kopie herstellt[1]), diese auf lichtempfindliches Papier legt, in einem Kopierrahmen belichtet und schließlich die entstandene Kopie fixiert.

Fig. 968.



Die Einrichtung eines Kopierrahmens zeigt Fig. 968, und zwar von der Rückseite abgebildet. Er besteht aus einem starken hölzernen Rahmen, über welchen zwei an guten Gelenkbändern befestigte Schließen *a*, *b* gehen, welche durch die hölzernen Riegel *c*, *d* gehalten werden; letztere drehen sich um Holzschrauben und werden auch mit ihrem Ausschnitte unter die Köpfe von Holzschrauben geschoben, können also immer hinreichend fest erhalten werden. Jede der beiden Schließen *a*, *b* hat zwei leicht gehende hölzerne Schrauben. In diesen Rahmen ist ein starkes Spiegelglas gut-passend eingeschnitten und außerdem ein Brettchen, wie Fig. 969, welches aus zwei durch Gelenkbänder vereinigten Teilen besteht, deren jeder, um das Werfen zu verhüten, mit zwei Leisten versehen ist. Es besteht dieses Brettchen darum aus zwei Teilen, um beim Einlegen stets das Verrücken der übereinander liegenden Teile verhüten zu können, indem man immer auf einer Seite halten kann, bis die Hälfte des Brettchens eingelegt ist; außerdem kann man bei Herstellung von Kopien mit Eiweißchlorsilberpapier im Dunkeln die eine Hälfte aufklappen, um nachzusehen, ob das Bild hinlänglich entwickelt ist.

Fig. 969. Fig. 970.



[1]) Bei Anwendung des Sepia-Blitzpapiers der Firma Arndt und Troost in Frankfurt a. M. ist die Herstellung einer Pause unnötig.

Ein Kopierrahmen ist übrigens nicht durchaus nötig. Man kann auch einfach eine Glasplatte und ein Brett oder eine zweite Glasplatte nehmen und, nachdem die Papiere dazwischen gelegt sind, beide durch passende Klemmen (Wäscheklammern oder Klammern wie Fig. 970 [1]) aneinanderpressen.

Bei Gebrauch des Kopierrahmens legt man auf die Spiegelplatte des Kopierrahmens das zu kopierende Bild mit der leeren Seite, sodann auf dieses ein präpariertes Papier mit der präparierten Seite; das Papier muß allseitig etwas über das negative Bild hervorragen. Auf das Papier kommt ein doppeltes Stück Samt, darauf ein paar Blätter Fließpapier und endlich das Brettchen; die Schließen werden vorgelegt und befestigt, und die Schrauben ziemlich fest angezogen. Jetzt bringt man den Rahmen an das Tageslicht, stellt ihn senkrecht gegen das einfallende (am besten Sonnen-) Licht und läßt ihn so lange, bis die hervorragenden Teile des Papiers gehörig dunkel geworden sind, und bis man sich durch Öffnen der einen Hälfte bei Kerzenlicht überzeugt hat, daß das Bild hinlänglich entwickelt ist. Da sich der Ton beim nachherigen Waschen und Trocknen ändert, so muß man erst durch einige Erfahrung lernen, wie lange man das Licht hier einwirken lassen muß.

Gewöhnlich dient zum Kopieren das sogenannte blausaure Eisenpapier [2]. Die Kopien werden blau und erfordern sehr kräftiges Licht. Nach der Belichtung wird das Papier in gewöhnlichem Wasser ausgewaschen. An den vom Licht getroffenen Stellen wird das Papier zunächst blaugrau; erst beim Auswaschen in Wasser erscheint die rein blaue Farbe.

Man kann sich das Eisenpapier selbst herstellen, indem man 10 g oxalsaures Eisenoxydammon und 1 g Oxalsäure in 100 Tln. Wasser löst und mit einer Lösung von 10 g rotem Blutlaugensalz in 100 Tle. Wasser mischt. Die Mischung hält sich im Dunkeln monatelang. Beim Gebrauche streicht man sie mittels eines Schwammes uf das Papier und läßt (im Dunkeln) trocknen.

Nach einem anderen Rezept löst man 4,5 g rotes Blutlaugensalz in 50 ccm estilliertem Wasser und bringt dazu im Dunkeln oder bei Lampenlicht eine Lösung on 12,5 g grünem, zitronensaurem Eisenoxydammoniak. Die Präparate müssen urchaus rein und die Lösungen filtriert sein [3].

Das oben erwähnte Sepia-Blitzpapier von Arndt und Troost gibt direkt eiße Linien auf braunem Grunde. Von einer solchen Kopie auf dünnem Papier nn man eine weitere Kopie machen, die die Linien braun auf weißem Grunde

[1]) Zu beziehen von A. Glock in Karlsruhe. Größere Lichtpausapparate sind zu ziehen von dem Technischen Versandgeschäft R. Reiß, Liebenwerda; Gotth. Köchert, Imenau (Thüringen); H. Sack, Ingenieur, Düsseldorf-Rath.; Alfred Bertsch, undershofen (Elsaß); Otto Philipp, Berlin W. 64, Unter den Linden 15; R. Reiß, ebenwerda u. a. — [2]) Lichtpauspapiere sind zu beziehen von Otto und Philipp, erlin W. 64, Unter den Linden 15; Eug. Hoesch und Orthaus, Düren (Rheinland); . Riebensahm und Posseldt, Neue photographische Gesellschaft, Akt.-Ges., Berlin SW., llmannstraße 35; Vereinigte Fabriken photographischer Papiere, Dresden; ebr. Wichmann, Berlin NW., Carlstr. 13; Gust. Schaeuffelensche Papierfabrik, ilbronn; Arndt und Troost, Fabrik techn. Papiere, Frankfurt; Richard Schwickert, eiburg i. B.; Romain Talbot, Berlin C., Kaiser Wilhelmstr. 46; E. Liesegang, sseldorf; A. Glock, Karlsruhe; Dr. Winzer u. Co., Dresden; Erich Engel, rlin SW., Belle Alliance-Str. 9 u. a. — [3]) Fertig zu beziehen von Jean Dietrich, brik technischer Papiere, Grevenbroich.

zeigt, oder man kann die zweite Kopie auf Eisenpapier herstellen, wobei die Linien blau auf weißem Grunde erscheinen.

Sind nur kleine Kopien erforderlich, so benutzt man am besten Chlorsilberpapier, mit welchem weiße Linien auf fast schwarzem Grunde zu erhalten sind, oder wenn zunächst ein Negativ auf Glas oder Celluloidplatten (Films) hergestellt wurde, schwarze Linien auf weißem Grunde [1]).

Das Chlorsilberpapier kommt aus dem Kopierrahmen, wenn man sich mit dem rotbraunen Ton, den die nicht vergoldeten Bilder zeigen, begnügt, in das Fixierbad, d. h. in eine Lösung von 1 Tl. unterschwefligsaurem Natron in 8 Tln. Wasser, worin es etwa eine halbe Stunde belassen wird. Nach dieser Zeit ist es hinreichend fixiert und kommt nun in ein Gefäß mit vielem Wasser, in welchem man es 24 Stunden liegen läßt. Das Wasser muß, besonders anfänglich, einige Male erneuert werden; noch besser ist fließendes Wasser. Getrocknet wird zuletzt zwischen Fließpapier.

Sollen die Kopien den bekannten violetten Ton gewöhnlicher Photographien erhalten, so muß man sie vor dem Einlegen in das Fixierbad in ein Goldbad einlegen und dann erst nach fünf Minuten langem Waschen in Wasser in das Fixierbad [2]).

Zum Vergolden dient eine Lösung von $^1/_4$ g Goldsalz, $^1/_4$ g kohlensaures Natron und 100 ccm Wasser. (Man kann übrigens haltbares Goldbad auch fertig z. B. von Talbot beziehen [3]).

In diesem Goldbade bleibt das Bild so lange, bis es den gewünschten braunen oder violettbraunen Farbenton angenommen hat.

Wesentlich bequemer sind die goldhaltigen Fixierbäder, sogenannte Tonfixierbäder, in welchen das Bild zugleich vergoldet und fixiert wird [4]).

Sehr viel empfindlicher als die Chlorsilberpapiere sind die Bromsilberpapiere. Sie müssen sorgfältigst vor Licht geschützt werden und das Einlegen in den Kopierrahmen darf nur im Dunkelzimmer beim Scheine einer roten Laterne [5]) oder vor einem kleinen roten Fenster geschehen.

---

[1]) Bezugsquellen: Dresdener Photochemische Werke, Fr. Weber, Mügeln (Bezirk Dresden); van Bosch, Fabrik photographischer Papiere, Straßburg i. E.; Dr. Adolf Hesekiel u. Co., Photochemische Fabrik, Berlin; Trapp und Münch, Friedberg bei Frankfurt a. M.; Haake und Albers, Frankfurt a. M.; Lichtpauspapierfabriken Phos, Detmold. — [2]) Die gewöhnlich benutzten Chlorsilberpapiere sind Eiweiß- und Celloidinpapiere. Eine neue Art liefert unter der Bezeichnung „Panpapier" Ed. Liesegang, Photochemische Fabrik, Düsseldorf. (Packete zu 1 Mk. enthalten 30, 20, 15, 12, 10, 7 oder 5 Blatt von beziehungsweise $7^1/_2 \times 10$, 9×12, 10×15, 12×16, 13×18, 16×21 und 18×24 cm Format.) Dieselbe Firma liefert unter der Bezeichnung „Tulapapier" ein Schnelldruckpapier zur Erzeugung rein schwarzer Töne (als Ersatz für Platinpapier). Ein Packet wie oben kostet 0,75 Mk. Dr. Jakoby, Berlin NW., Thurmstr. 52 liefert Platinpapier. Chemikalien für photographische Zwecke liefert R. Schering, Berlin N., Chausseestr. 19. — [3]) Z. B. von Aug. Chr. Kitz, Frankfurt a. M.; M. Obergaßner, Photographische Bedarfsartikel, München; Alb. Glock u. Co., Photographische Artikel, Karlsruhe. — [4]) Die Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation, Berlin SO., 36, liefert neutrales Tonfixiersalz mit Gold in Dosen von 200 g Inhalt, ausreichend für 1 Liter fertiges Tonfixierbad. — [5]) Als solche kann eine gewöhnliche Laterne mit dunkelroten Scheiben dienen, oder eine Petroleum- oder Gaslampe mit rotem Cylinder und Aufsatz, welcher verhindert, daß oben Licht herausdringt (Fig. 971 u. 964), oder eine rote Glühlampe (Fig. 963); zu beziehen von Leppin und Masche, Berlin SO., Engelufer 17, zu 30 Mk.

Zur Belichtung im Kopierrahmen benutzt man eine gewöhnliche Gasflamme oder Glühlampe. Je nach dem Abstand genügen einige Sekunden oder wenige Minuten. Das Bild muß zunächst „entwickelt“ werden. Hierzu kann folgende Flüssigkeit dienen, welche man in eine flache Schale aus Glas oder Porzellan[1]) (Fig. 966) eingießt:

Lösung I: Wasser 100 ccm, oxalsaures Kali 25 g, Bromammonium 1 g; Lösung II: Wasser 100 ccm, Eisenvitriol 5 bis 6 g. Man mischt die beiden Lösungen zu gleichen Teilen zusammen, und zwar gießt man die Eisenlösung in die Kalilösung, nicht umgekehrt.

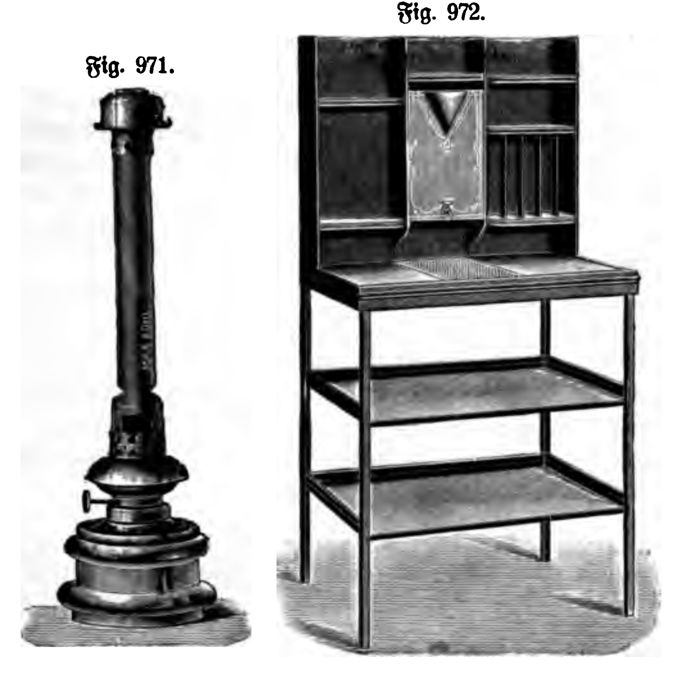


Fig. 971. Fig. 972.

Das belichtete Papier wird in die Flüssigkeit eingelegt und das Fortschreiten der Entwickelung, welches sehr rasch stattfindet, beim Scheine der roten Laterne verfolgt. Sobald das Bild so dunkel ist, wie es im fertigen Zustande sein soll, nimmt man es heraus, wäscht es etwa fünf Minuten lang in Wasser, legt es für 10 bis 15 Minuten in eine Auflösung von 15 g Alaun in 200 ccm Wasser, wäscht wieder 5 Minuten lang und fixiert in 20prozentiger Lösung von unterschwefligsaurem Natron. Soll es violetten Ton erhalten, so kommt es zunächst wie Chlorsilberpapier in ein Goldbad.



Fig. 973.

Das Goldbad besteht aus 240 ccm warmem Wasser, 2 g essigsaurem Natron, $^{1}/_{10}$ g Chlorkalk (frisch) und 3 ccm Goldchloridlösung (1:60). Das Bad muß vor dem Gebrauch völlig kalt geworden sein.

In fünf Minuten ist die Fixierung beendet und nun läßt man das Bild noch für einige Stunden im Wasser liegen. Soll es schönen Glanz annehmen, so poliert man eine Glasplatte mit Talkpulver, legt das nasse Bild mit der Bildseite darauf,

[1]) Zu beziehen von Neue photographische Gesellschaft, Akt.-Ges., Berlin-Steglitz. Celluloidschalen liefert Manfred Schließer, Dresden 16. Waschtröge für Dunkelkammern nach Fig. 973 liefert E. Liesegang in Düsseldorf zu 18 bis 28 Mk., größere Waschtische nach Fig. 972 zu 40 bis 60 Mk.

drückt es an, so daß keine Luftblasen darunter bleiben und läßt trocknen. War die Glasplatte hinreichend rein, so löst es sich nach dem Trocknen ganz von selbst ab und zeigt sehr starken Glanz. Soll es aufgeklebt werden, so wartet man nicht bis zum völligen Trocknen, sondern klebt schon zuvor, so lange es noch auf der Glasplatte haftet, einen Karton darauf.

Um den überflüssigen Rand des Papiers abzuschneiden, macht man sich eine Schablone aus Zinkblech und schneidet längs dieser entweder mit der Schere oder mit einem sogenannten Stahltrimmer (kleines schneidendes Stahlrädchen) auf einer Zinkscheibe. Hat sich das Papier beim Trocknen zu stark zusammengerollt, so kann man es über dem Rücken der Schere glatt streichen.

Außer den gegebenen Rezepten für Entwickler und Goldbad gibt es unzählige andere. Sie haben wenig Wert mehr, seitdem auch die Entwickler fertig im Handel zu beziehen sind, ebenso wie Tonfixierbad, so daß man nur nötig hat, die käuflichen Salze mit Wasser zu verdünnen.

In gleicher Weise wie Bromsilberpapier werden Bromsilbertrockenplatten, sowohl Glasplatten wie Films behandelt [1]).

Zur Aufbewahrung der verschiedenen Zeichenmaterialien, sowie der photographischen Utensilien und Präparate dienen verschließbare Schränke im Zeichenzimmer. Zur Herstellung von Lichtpausen muß sich an das Zeichenzimmer ein Dunkelzimmer anschließen, in welchem Wandkästen mit den empfindlichen Platten und Papieren, Schäfte mit den nötigen Chemikalien, Tische zum Auflegen der Schalen mit den Lösungen und ein Wasserstein zum Abspülen der Platten, Schalen u. s. w. vorhanden sind.

---

[1]) Die Gesellschaft für Anilinfabrikation, Berlin SO. 36, liefert Afga-Gelatinetrockenplatten extra rapid und normalempfindlich in den Formaten: 6 × 8 bis 40 × 50 cm, das Dutzend zu 1,20 bezw. 36,50 Mk.; orthochromatische Platten etwas teurer; Afga-Planfilms (Celluloid-Emulsionsfolien) von 9 × 12 bis 18 × 24 cm zu 2,55 bezw. 9 Mk. pro Dutzend; Rollfilms von 12 × 8,5 × 12 cm bis 12 × 18 × 13 cm zu 3,35 bis 6,85 Mk. Andere Bezugsquellen von Trockenplatten sind: Dr. C. Schleußner, Trockenplattenfabrik, Frankfurt a. M.; E. vom Werth u. Co., Frankfurt a. M.; Otto Perntz, München; Gaedicke, Trockenplattenfabrik, Berlin, Ritterstr. 82; Eugen Pogade, Photographische Manufaktur, Berlin C. 25; Dr. J. Steinschneider, Berlin; Dr. R. Stock, Berlin; Unger und Hoffmann, Dresden A., Reissigerstr. 38 bis 40; Kretschmar, Badische Trockenplattenfabrik, Karlsruhe; Westendorp und Wehner, Köln a. Rh., Otto Fischerstraße 29; Fritz Eilender, Köln a. Rh.; J. B. Gebhardt, Köln; Joh. Sachs u. Co., Berlin SW., Johanniterstr. 8; J. F. Schippang u. Co. (E. Martini), Berlin S. 42, Prinzenstr. 24. Neuere Entwickler, welche die Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation liefert, sind nach dem Prospekt folgende: Imogensulfit: Bequem zu handhaben; nur Zusatz von Sodalösung erforderlich. Klar und brillant arbeitend; sehr modulationsfähig. In Substanz wie Lösung haltbar. Finger und Gelatine nicht färbend. Im Negativ- wie Positivprozeß von gleich guter Wirkung. Vorzüglicher Ersatz für den alten Eisenentwickler. In Flaschen von 25 bis 500 g zu 0,60 bezw. 6,50 Mk. Eikonogen: Hervorragend für Kunstlichtaufnahmen geeignet. Gleicht Kontraste aus. Paramidophenol: Entwickelt mit kohlensauren Alkalien langsam und sehr klar, mit kaustischen Alkalien dagegen schnell und sehr kräftig. Ganz besonders geeignet für Bromsilberpapiere. Metol: Wirkt als Entwickler schnell und kräftig und wird mit Vorliebe in Kombination mit Hydrochinon gebraucht. In Flaschen mit 25 bis 500 g zu 2,15 bezw. 34 Mk. Glycin: Speziell bewährt für sehr langsame, sogenannte Standentwickelung. Amidol, Ortol u. s. w. Außer diesen Entwicklern gibt es noch viele andere, bezüglich deren auf die Preisverzeichnisse der Firmen verwiesen werden muß, z. B. Dr. Ludw. Ellon u. Co., Charlottenburg, Helmholzstr. 33; J. Hauff u. Co., G. m. b. H., Feuerbach (Württemberg).

Besonders bequem ist elektrische Beleuchtung in der Dunkelkammer, eventuell mit roten Glühlampen, doch kann man auch rote Gaslampen, Petroleumlampen und dergleichen gebrauchen. Ist die Dunkelkammer nur klein, so empfiehlt es sich, um nicht durch die Hitze der Lampe belästigt zu werden, diese außerhalb anzubringen, nur den Hahn im Innern, und das Licht durch eine rote oder gelbgrüne Scheibe, die leicht ausgewechselt werden kann, aber lichtdicht schließt, hereinfallen zu lassen. Sehr bequem ist eine solche Dunkelkammer auch als Wundercamera oder Vergrößerungsapparat zu gebrauchen, indem man in der Wand ein Objektiv anbringt und das hellbeleuchtete Objekt nach außen projiziert, wo man es auf einem dort auf ein Brett aufgespannten Zeichenpapier aufhängt.

68. Herstellung von Projektionsbildern. a) Zeichnen und Malen auf Glas. Um auf Glas zeichnen oder malen zu können, muß man es zuvor durch Überziehen mit einer dünnen Firnisschicht vorbereiten. Schon Abreiben mit Terpentin und Trocknenlassen ist genügend, um das Zerfließen der Farben zu hindern.

Antolik (Z. 4, 274, 1891) empfiehlt, die Glasplatten in eine heiße Lösung von 1 Tl. Gelatine auf 10 Tle. destilliertes Wasser, welche filtriert wurde, zu tauchen und sodann, senkrecht stehend, gut austrocknen zu lassen. Man kann dann darauf mit flüssiger Tusche (auch farbiger) mit einer feinen Zeichenfeder jede Zeichnung leicht kopieren und sie eventuell auch mit dem Pinsel bemalen.

Fig. 974.



Sollen mehrere Farblagen nacheinander aufgetragen werden, so läßt man nach Vollendung einer Lage zunächst gut trocknen, überstreicht dann die Platte mit Mastixfirnis, läßt wieder trocknen und trägt nun erst die neue Farblage auf. Beim Malen legt man die Glasplatte nicht auf den Tisch, sondern auf einen kleinen Pult, Fig. 974, bestehend aus einer durchsichtigen Glasplatte S, welche in einen Holzrahmen gefaßt ist und in dem Gestelle AB durch die Schraube b festgeklemmt werden kann. Auf der Fußplatte ee liegt der Spiegel r, so daß das zu malende Bild cd von der Rückseite beleuchtet wird. Statt eines Spiegels kann auch ein weißes Papier dienen.

Um scharfe, bemalte Kreisflächen herzustellen, gieße ich auf horizontal gelegte, gut gereinigte Glasplatten noch warme Gelatinelösung und lasse dieselbe eintrocknen. Alsdann wird auf der Drehbank alle überflüssige Gelatine weggestochen, die bleibende kreisförmige Gelatinescheibe in Wasser aufgeweicht und noch vor dem völligen Trocknen mit Anilinfarbe bemalt. Soll dieselbe z. B. in drei verschiedenfarbigen Sektoren gemalt erscheinen, so wird ein aus drei Messern bestehender Stern angesetzt, welcher in die Gelatine bis zum Glas einschneidet und verhindert, daß Farben von dem einen Sektor in den anderen gelangen [1]).

Sehr leicht kann man auf Gelatinetafeln zeichnen und malen. Durch Auflegen der Gelatinefolie auf eine Zeichnung kann man dabei wie auf Pausepapier Durchzeichnungen herstellen.

[1]) Lichtechte Anilinfarben liefert Dr. E. Jakobsen, Berlin-Charlottenburg, Englische Straße 5 und Günther Wagner, Chemische Fabrik, Hannover, Engelbostelerdamm 67.

Woodbury (1884) empfiehlt zum Zeichnen auf Glas, die Glasplatte zunächst mit einem Firnis, bestehend aus einer Lösung von Dammargummi in Benzol oder Chloroform, der einige Tropfen von Kautschuklösung in Benzol zugefügt sind, zu überziehen. Man schreibt darauf mit lithographischer Feder und Tusche.

Auf matten Glasplatten kann man mit Bleistift zeichnen. Stellen, die sehr hell werden sollen, werden mit Öl überrieben.

Recht schön werden Zeichnungen, die man auf eine berußte (oder mit schwarzem, nicht sprödem Lack überzogene) Glasplatte mit einer Spitze einritzt. Sie erscheinen auf dem Schirm wie sehr kräftige Kreidezeichnungen auf vollkommen schwarzer Tafel.

Nach Smith (1882) kann man auf Glas mit hartem, spitzem Bleistift zeichnen, wenn man dasselbe mit einer Glycerinschicht bedeckt. Nach Vollendung der Zeichnung wird die Glycerinschicht abgewaschen und die Zeichnung durch Überzug mit Firnis geschützt.

Noch besser eignet sich nach Margot (siehe oben) ein Aluminiumstift, nachdem die Glasplatte mit Kaliwasserglas überrieben wurde.

Fig. 975.



Torsten Thunberg (1901) empfiehlt einen scharf zugespitzten, durch Benzindampf glühend gehaltenen Platinstift, wie er zum Einbrennen von Zeichnungen auf Holz gebraucht wird. Der Stift schmilzt glatte Linien in das Glas, welche in der Projektion dunkel hervortreten.

Holzschnitte kann man (nach Stein) auf Glas übertragen, indem man eine Glasplatte mit verdünntem Dammarlack übergießt, die in Alkohol eingeweichten Holzschnitte mit der Bildseite darauflegt, anpreßt, trocknet und nach einigen Tagen mittels eines feinen Schwammes das Papier abreibt. Die Zeichnung bleibt dann auf der Firnisschicht haften. H. Vogel empfiehlt, die Holzschnitte von der Verlagsbuchhandlung des betreffenden Buches auf Seidenpapier drucken zu lassen und diese Bilder mit Spiritusfirnis auf Glasplatten aufzukleben. Besser eignet sich nach Penseler klares Pauspapier und am besten dünne Gelatinefolie oder Celluloidhäutchen [1]).

Die fertigen Bilder werden zweckmäßig mit einer Schutzplatte bedeckt [2]), nachdem zuvor auf den Rand ein schmales Streifchen Zeichen- oder Kartonpapier geklebt worden war, welches verhindert, daß die Schutzplatte mit der Bildschicht in direkte Berührung kommt. Die beiden Platten werden zusammengehalten, indem man über die Ränder mit starkem Leim ein schwarzes Baumwollenband oder bei kleineren Bildern einen schwarzen Papierstreifen klebt [3]). Um das Bild in der richtigen Lage

[1]) Die Verlagsbuchhandlung W. Engelmann liefert einfarbig bedruckte Häutchen zu 1,4 Mk., mehrfarbig bedruckte pro Farbe um 1 Mk. teurer. — [2]) Dünne blasenfreie Gläser zu diesem Zweck sind zu beziehen z. B. von Leitz, Berlin, Luisenstr. 29; Talbot, Berlin, Kaiser Wilhelmstr. 46 u. a. Die Deckgläser müssen gleichmäßig dick sein, damit nicht jedes neue Bild neue Einstellung erfordert und am Rande müssen dünne Papierstreifen eingefügt werden, damit sich keine Newtonschen Farbenringe bilden. — [3]) Zum Halten der Laternenbilder während des Einfassens liefert Liesegang die in Fig. 975 dargestellte Drehklammer (Preis 2,50 Mk.). Gummierte Streifen zu diesem Zwecke zu 0,5 Mk. pro 100 Stück.

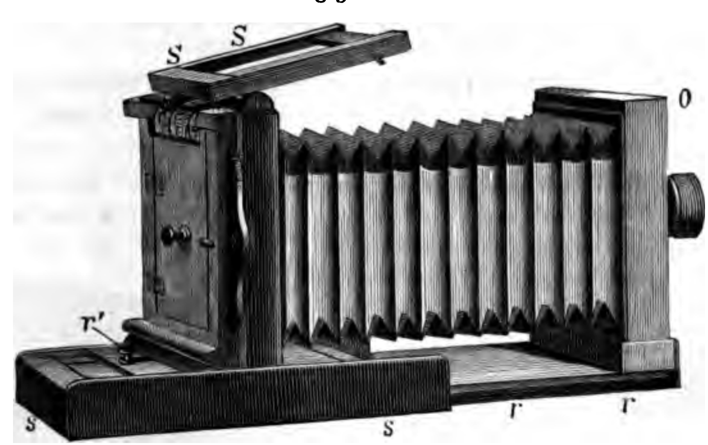
einsetzen zu können, wird auf die Mitte des unteren Randes ein weißer Papierstreifen geklebt, welcher sich bei der Projektion oben auf der dem Kondensor zugekehrten Seite des Bildes befinden muß.

In feuchten Räumen bildet sich auf der Innenseite des Deckglases ein feiner Tröpfchenniederschlag, welcher die Durchsichtigkeit wesentlich vermindert. Man muß deshalb trockene Räume wählen.

Zur Aufbewahrung der Bilder benutze ich Holzkästen, deren Seitenwände mit parallelen, gleich abstehenden, senkrechten Nuten versehen sind, in welche die Bilder eingeschoben werden können. Auf den oberen Kanten befinden sich Nummern, welche den Nummern der Bilder entsprechen. Die Bilder ragen etwa 1 cm über die Kanten vor, um sie leicht herausnehmen zu können. Auf dem Deckel der Kiste sind in großen Zahlen die Nummern der darin enthaltenen Bilder angegeben [1]).



Fig. 976.



b) Die Herstellung von Bildern durch Photographie. Die vollkommensten Bilder sind durch Photographie zu erhalten. Die photographische Camera (Fig. 976) besteht aus einem mit Blasebalgauszug versehenen hölzernen Kasten, der am einen Ende das Objektiv O trägt, an der gegenüberliegenden Seite die um ein Scharnier drehbare Visierscheibe S aufnehmen kann, um das Bild zunächst scharf einzustellen, oder, nachdem diese aufgeklappt ist, die Kassette h, welche die empfindliche Platte enthält und durch einen Schieber verschlossen ist. Soll die Lichtwirkung beginnen, so zieht man den Schieber heraus, öffnet den Deckel des Objektivs, wartet die der herrschenden Lichtintensität und der angewandten Blendung [2]) (Diaphragma mit enger Öffnung im Objektiv) entsprechende Expositionszeit (etwa 1 bis 10 Sekunden) ab, schließt hierauf erst den Objektivdeckel und dann den Schieber.

Fig. 977.



Die Kassette ist ein flaches Kästchen, Fig. 978, bestehend aus einem starken viereckigen Rahmen B aus Holz, welcher einerseits durch den Schieber H, anderseits

[1]) Schachteln aus Pappe liefert Theod. Schröter, Kartonagenfabrik, Leipzig-Connewitz, Friedrichsstr. 5 bis 7. — [2]) Zweckmäßig sind sogen. Irisblenden, die sich beliebig erweitern und verengern lassen, Fig. 977.

durch den um Scharniere beweglichen Deckel D geschlossen wird. In den Ecken des Rahmens sind quer Drähte d, d, d befestigt, auf welche die empfindliche Platte mit der präparierten Seite nach unten aufgelegt wird. Schließt man den Deckel, so wird die Platte durch die Feder ff an der Innenseite des Deckels an die Drähte angepreßt und sitzt somit völlig fest.

Fig. 979 zeigt eine neuere, sogenannte Patronen-Flach-Camera, in welche keine Kassette eingesetzt wird, sondern zwei Trommeln, deren eine mit lichtempfindlich präparierter Celluloidfolie bewickelt ist, welche nach der Belichtung einer Stelle auf die andere aufgerollt wird. Zum Einstellen dient eine besondere Suchervorrichtung[1]).

Um die mittlere Brennweite eines Objektivs zu bestimmen, projiziert man damit einen Gegenstand derart, daß das Bild ebenso groß erscheint wie der Gegenstand. Die Hälfte der Entfernung von Bild und Gegenstand ist dann die gesuchte Brennweite.

Als empfindliche Platten dienen gewöhnlich die in neuerer Zeit überall im Handel zu beziehenden Bromsilbergelatinetrockenplatten[2]).

Die Platten müssen vor jeder Spur von weißem Licht auf das sorgfältigste bewahrt werden, dürfen also nur im Dunkelzimmer beim Schein einer roten Laterne (welche nur rotes Licht austreten läßt) ausgepackt und in die Kassette eingesetzt werden. Die roten Scheiben der Laterne dürfen nicht von zu heller Farbe sein und die Kassetten

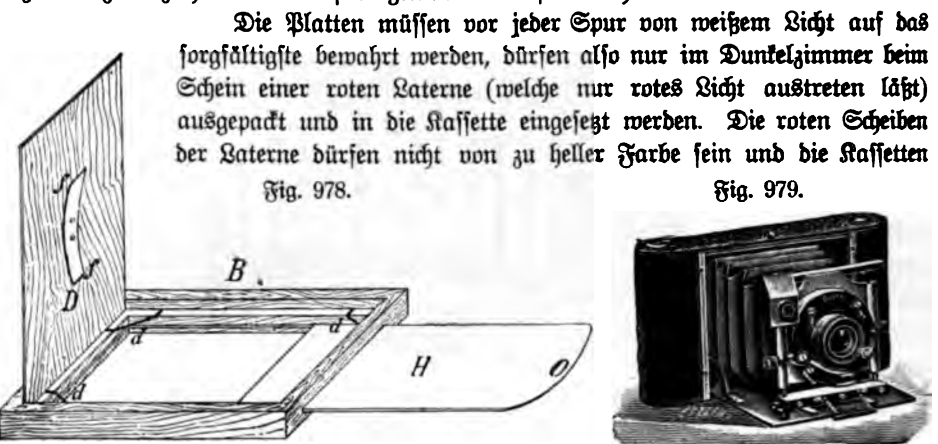


Fig. 978. Fig. 979.

und Cameras müssen absolut lichtdicht schließen. Man überzeuge sich namentlich davon, daß nicht am Objektivbrett oder Blendenschlitz am Objektiv Licht eindringe.

[1]) Zu beziehen von A. Glock in Karlsruhe, Kaiserstr. 89. Bezugsquellen photographischer Objekte (und Cameras) sind: Carl Zeiß, Optisches Institut, Jena; C. A. Steinheil Söhne, Optisch-astronomische Werkstätte, München, Theresienhöhe 7; C. P. Görz, Optische Anstalt, Friedenau bei Berlin, Rheinstr. 45; Voigtländer u. Sohn, Optische Werkstatt, Braunschweig, Campestr. 7; Paul Wächter, Friedenau bei Berlin; Unger u. Hoffmann, Dresden A., Reissigerstr. 36; E. Suter, Basel; Optische Industrie-anstalt (vorm. Emil Busch), Rathenow, Preußen; G. Rodenstock, Optische Anstalt, München, Staubstr. 41; A. H. Rietschel, G. m. b. H., Optische Fabrik, München; Romain Talbot, Berlin C., Brüderstr. 10; E. Liesegang, Düsseldorf; Dr. Winzer u. Co., Dresden, Waisenhausstr. 7; Eugen Loeber, Dresden N., Ritterstr. 12; F. Hellige u. Co., Freiburg i. B., Albertstr. 12; F. A. Berner, Hagen in Westfalen; Dr. R. Krügener, Frankfurt a. M.; Hugo Meyer u. Co., Görlitz; Paul Reichardt, Berlin W., Mohrenstraße 47; Graß und Worff, Berlin SW., Junkerstr. 1; Oscar Simon, Dresden A. 19; R. Visbeck, Stettin 2; Gebr. Huth, Dresden; Eugen Klein, Berlin SO., Köpenickerstraße 72; F. Fr. Meyer, Blasewitz-Dresden; M. Steckelmann, Berlin B. 1, Linkstr. 13; P. Bonatz, Berlin N. 4, Invalidenstr. 108 u. a. — [2]) Zur Selbstherstellung der Diapositive empfiehlt Troje besonders die Kupferdruckplatten der Fabrik Berolina, Berlin NW., Schumannstr. 14.

Anfänger suchen zuweilen die Ursache des Mißlingens in allem möglichen und kommen gar nicht auf den Gedanken, daß sie eine so nahe liegende sein könne.

Beim Einstellen der Camera muß man darauf sehen, daß das Bild (eigentlich das der chemischen Strahlen) möglichst scharf sei; die Beurteilung wird nur sicher, wenn man ein schwarzes Tuch über das Instrument und den Kopf nimmt, um alles fremde Licht abzuhalten. Man muß dafür sorgen, daß der Teil des Bildes, auf welchen man das meiste Gewicht legt, gehörig deutlich werde, da verschieden entfernte Teile nicht gleichzeitig reine Bilder liefern können; selten wird man das Bild so groß machen können, als das matte Glas erlaubt, da die Randstellen zu wenig Licht erhalten. Je größer übrigens die Brennweite des Apparates ist, desto weiter kann man ihn vom Gegenstande entfernen, ohne daß das Bild zu klein wird, und desto gleichförmiger kommen die verschieden entfernten Teile des Gegenstandes. Größere Brennweite gestattet auch größere Öffnung des Apparates, und man kann dann, wenn man nicht gerade die ganze Lichtstärke braucht, die Randstrahlen abblenden, was wesentlich zur Bildschärfe beiträgt. Die Objektive sind zu diesem Zwecke mit einem seitlichen Schlitz versehen, in welchen man die sogenannte Blendung, d. h. eine Blechscheibe mit mehr oder minder großer Öffnung einsetzen kann. Sollen Gegenstände aufgenommen werden, deren Teile sehr verschieden weit vom Objektiv entfernt sind, so nimmt man Blenden mit sehr kleiner Öffnung.

Nach der Einstellung der Camera entfernt man das matte Glas, setzt den Deckel vor das Objektiv und das Rähmchen mit der präparierten Platte an die Stelle des matten Glases, öffnet die Schieber des Rähmchens und entfernt den leicht beweglichen Deckel des Objektivs. Ist die erforderliche Zeit verflossen, so setzt man den Deckel wieder rasch vor das Objektiv, schließt die Schieber des Rähmchens und bringt dasselbe in das dunkle Zimmer zurück. Nach der Belichtung kann die Platte beliebig lange bis zur Hervorrufung in einem absolut dunkeln Raume aufbewahrt werden.

Wie groß die Blendungen im Objektiv sein müssen, lernt man bald durch Versuche, ebenso wie lange belichtet werden muß. Zu dergleichen Versuchen verwendet man ganz kleine Platten, die man sich selbst durch Zerschneiden einer größeren Platte im Dunkelzimmer herstellen kann. Natürlich muß man auch eine dazu passende Einlage aus dünnem Brett für die Kassette herstellen, was jedem, der mit Laubsäge umgehen gelernt hat, keine Schwierigkeiten bereitet.

Troje beleuchtet das zu kopierende Bild (etwa einen Holzschnitt) mit zwei 32-Kerzen-Glühlichtlampen, was den Vorzug hat, daß die Beleuchtungsstärke eine stets gleichbleibende, bekannte ist. Die Expositionszeit beträgt 7 bis 10 Minuten.

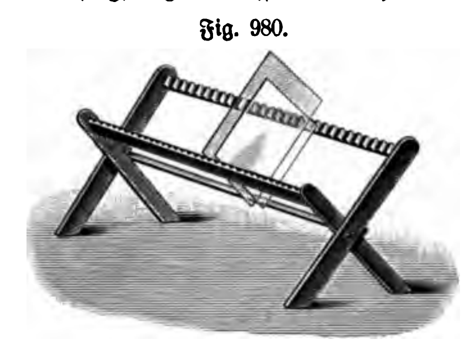
Zum Hervorrufen des Bildes kann man die bereits oben angegebenen Entwickler benutzen. Z. B. erhält man den altbekannten Eisenentwickler, indem man sich folgende Lösungen herstellt:

I: 1 Liter Wasser und 300 g neutrales oxalsaures Kali.

II: 1 Liter Wasser und 300 g reinen Eisenvitriol und vier bis sechs Tropfen Schwefelsäure. (Die Lösung II hält sich einige Zeit in gut verstopfter Flasche, doch höchstens 8 bis 14 Tage. In *vollständig gefüllten* Flaschen hält sich die Lösung im Dunklen lange Zeit, man kann dieselbe daher auch in kleinen Fläschchen aufbewahren, von welchen jedes nur so viel enthält, als zu einmaligem Gebrauche nötig ist.)

Zum Gebrauch gießt man nun 1 Tl. der Lösung II in 3 Tle. der Lösung I (nicht umgekehrt), wobei man eine flache Porzellanschale als Gefäß wählt, in welche die Trockenplatte einpaßt, mischt durch Schaukeln der Schale, legt nun die Trockenplatte mit der präparierten Seite nach oben ein und setzt das Schaukeln so lange (etwa $1^1/_2$ bis 2 Minuten) fort, bis auf der nicht präparierten Seite die Umrisse des Bildes sichtbar werden. Auf der präparierten Seite erscheint das Bild schon nach 10 Sekunden. Zeigt das Negativ nicht die gewünschten Kontraste, was namentlich im Sommer eintritt, wo infolge der höheren Temperatur der Entwickler zu energisch einwirkt, so muß derselbe durch Zusatz von einem Tropfen Bromkaliumlösung (1:10) abgeschwächt werden. Ist die Entwickelung beendet, so wird die Platte kräftig abgespült und 1 bis $1^1/_2$ Minuten in eine andere Schale eingelegt, die 125 g unterschwefligsaures Natron in 1000 Tln. Wasser enthält. Man erkennt leicht, ob die Fixierung beendet ist, daran, daß, von der Rückseite betrachtet, auf der Platte keine weißen undurchsichtigen Stellen mehr erkennbar sind. Die Fixierung braucht nicht mehr im Dunkelzimmer vorgenommen zu werden, doch darf die Platte auch nicht gerade von direktem Sonnenlicht getroffen werden. Nach der Fixierung und sorgfältigem Abspülen taucht man die Platte 1 bis 2 Minuten in 6- bis 8prozentige Alaunlösung und läßt sie dann 2 bis 3 Stunden in öfters erneuertem oder fließendem Wasser stehen. Zweckmäßig verwendet man Regenwasser, denn gewöhnliches Wasser ist zuweilen so kalkhaltig, daß sich das Negativ beim Trocknen mit einer dünnen rauhen Kalkkruste bedeckt. Das Trocknen geschieht an einem warmen staubfreien Orte (doch ja nicht etwa in der Sonne), indem man die Platten schief, die präparierte Seite nach außen an eine Wand anlehnt[1]). Muß das Negativ rasch gebraucht werden, so spült man es nach dem Waschen mit starkem Alkohol. Es trocknet dann schon nach 10 Minuten.

Fig. 980.



Troje empfiehlt zum Entwickeln der oben genannten Platten eine Mischung von 30 ccm Wasser mit 2 ccm Rodinal und 2 ccm Bromkaliumlösung (1:10). Die Platten müssen wesentlich dunkler entwickelt werden, als sie werden sollen, da sie beim Fixieren sehr stark zurückgehen. Zu schwach oder zu dunkel geratene Negative lassen sich durch Einlegen in geeignete Lösungen bis zu gewissem Grade verstärken oder abschwächen[2]).

[1]) Zweckmäßig sind Gestelle wie Fig. 980. — [2]) Die Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation, Berlin SO., liefert: Verstärker, beim Gebrauch im Verhältnis 1:10 mit Wasser zu verdünnen, in Flaschen von 50 bis 500 ccm zu 0,60 bis 4 Mk. (das Maximum der Verstärkung tritt in 10 Minuten ein); ferner Abschwächer in Pulverform (10 g zu 2 Mk), ebenfalls im Verhältnis 1:10 in Wasser aufzulösen, und Negativlack, welcher nach dem Übergießen und Abtropfen der Platte in 5 Minuten trocknet, 100 bis 500 ccm zu 0,5 bis 1,75 Mk. Man kann auf diesem Lack ohne weiteres mit Bleistift retouchieren. Hamann u. Schulze in Rabenau bei Dresden liefern einen roten Farbstoff, genannt Phenolein, welcher ermöglicht, ohne Dunkelkammer zu entwickeln, indem man einige Tropfen zu irgend einem alkalischen Entwickler zusetzt (eine Flasche für mehrere Liter Entwickler reichend zu 2 Mk.).

Zum Schutze werden die Negative häufig lackiert. Fehler können mit Bleistift retouchiert werden.

Von dem Negativ wird das Diapositiv einfach in der Weise hergestellt, daß eine Diapositivplatte [1]) mit der Schichtseite auf die negative Platte gelegt und unter ihr im Kopierrahmen dem Licht einer 32-Kerzenglühlampe in etwa 1 m Abstand 1 bis 2 Minuten aussetzt. Die Entwickelung des Positivs erfolgt ebenso wie die des Negativs.

Bei Photographien von Holzschnitten in Lehrbüchern erscheint die Schraffierung bei der Vergrößerung sehr grob. Es wird deshalb empfohlen (Laterna magica, 1884), die Bilder durch Bedecken mit einer matten Glastafel oder mit einer dünnen Schicht von chinesisch Weiß abzudämpfen. Stellen des Originals, welche besonders schwarz erscheinen sollen, können dann durch Überfahren mit Bleistift verstärkt werden, solche, die hell hervortreten sollen, kann man durch Bestreichen mit Öl oder Glycerin stärker transparent machen.

---

[1]) Als beste Diapositivplatten empfiehlt Neuhauß die Isolarchlorsilberplatten der Akt.-Ges. für Anilinfabrikation in Berlin, bei welchen durch einen nach dem Fixieren verschwindenden roten Unterguß dafür gesorgt ist, daß die sonst infolge der Durchsichtigkeit der Platten durch Lichtreflexion an der Rückseite entstehenden Lichthöfe sich nicht bilden können. Troje empfiehlt die Diapositivplatten der Firma Unger und Hoffmann in Dresden. Sehr gut sind auch die Agfa-Diapositivplatten der Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation in Berlin, welche in den Formaten 8,5 × 10 bis 18 × 24 cm geliefert werden, das Dutzend zu 2,05 bis 7,75 Mk. O. N. Witt (1892) empfiehlt die Eder-Pizzighellischen Chlorsilbergelatineplatten mit Eikonogen als Entwickler. Ich selbst benutze gewöhnlich die Platten der Badischen Trockenplattenfabrik von Kretschmar in Karlsruhe, welche unter Umständen sehr gute Bilder, eventuell auch in gelbem oder braunem Ton geben, indes einen Entwickler verlangen, welcher nur kurze Zeit haltbar ist. Zur Belichtung wird der Kopierrahmen vor einer mit gelbgrünem Glas bedeckten Öffnung der Dunkelkammer befestigt, hinter welcher sich ein Auerbrenner befindet. Die Exposition geschieht durch Fortziehen des Schiebers mit dem gelbgrünen Glas. Nach beendeter Exposition, nachdem der Schieber wieder an seine Stelle gerückt ist, kann bei dem gelbgrünen Lichte sofort die Entwickelung vorgenommen werden. Zur Entwickelung der Negative ist die Kammer mit einem ebenso beleuchteten roten Fenster versehen, dasselbe wird indes für die Chlorsilberplatten nicht benutzt, weil diese weniger empfindlich sind und das gelbgrüne Licht heller ist, so daß man bequemer arbeiten kann. Neuhauß belichtet mit einer 50 cm entfernten Petroleum- oder Gasflamme 100 Sekunden lang. Als Entwickler dient Amidol. Das Fixierbad soll sauer sein. Es empfiehlt sich, die Bilder mit Sublimat zu verstärken und mit schwefligsaurem Natron zu schwärzen. Uhlig empfiehlt zur Herstellung von Diapositiven, ohne Herstellung eines Negativs, die Benutzung der Eigentümlichkeit der Trockenplatten bei stärkerer Belichtung unmittelbar ein positives Bild zu geben. Um in dieser Weise Zeichnungen zu kopieren, genügte eine Exposition von etwa einer Minute bei hellem Tageslicht. Je nach der Dicke des Papiers ist natürlich mehr oder weniger Zeit nötig. Diapositivplatten liefert ferner die Bremer Trockenplattenfabrik B. Klatte, Bremen-Hastedt. Für Holzschnitte eignen sich als Diapositivplatten auch die Kohlegelatineplatten. Weitere Anleitung geben: Herrmann Schnauß, Diapositive, Dresden 1897; Martin Kiesling, Standentwickelung; E. Blech, Das Arbeiten mit Films, Berlin, Gustav Schmidt, Lützowstr. 27; H. W. Vogel, Handbuch der Photographie, Berlin, Schmidt, 1899; A. Miethe, Lehrbuch der praktischen Photographie, Halle, W. Knapp, 1902; Schmidt, Kompendium der Photographie, Karlsruhe, Jahraus, 1902; C. Kaiserling, Praktikum der wissenschaftlichen Photographie, Berlin, G. Schmidt, 1898; Handbuch für den Gebrauch der photographischen Erzeugnisse der Aktiengesellschaft für Anilinfabrikation, Berlin SO., 36; Merkator, Die Diapositivverfahren, Knapp, Halle, 1897; C. Schiendl, Die optische Laterne und die Projektion für Vorträge u. s. w.

Zum Bemalen von Photographien eignen sich besonders Anilinfarben [1]). Auch gewöhnliche transparente Aquarellfarben, welche in Tuben käuflich sind, können verwandt werden. Nach Truchot (1884) eignen sich besonders folgende: Berlinerblau, Cochenillekarmin, Krapprot (ohne Ammoniak), gelber und violetter Lack, vegetabilisches Grün, gebrannte Sieneser Erde, Bitumen, chinesische Tusche. Die Farben werden mit 4 Tln. Gummi und 2 Tln. Zucker in 20 Tln. Wasser zusammengerieben und ein Tropfen Karbolsäure zugesetzt. Eine Sammlung solcher Farben ist zu beziehen von E. Liesegang in Düsseldorf. Die hohen Lichter werden durch Auskratzen mittels eines Stichels oder Radiermessers erzeugt. Das Bild muß aber mit Negativlack gefirnißt werden [2]). Noch unvollkommen sind die Methoden zur Herstellung von Projektionsbildern in natürlichen Farben [3]).

Diapositive mit stereoskopischer Wirkung (vgl. S. 178) stellt Petzold unter Benutzung von Ponceau- oder Scharlachrot einerseits und Säure-, Brillant- oder Malachitgrün andererseits in folgender Weise her:

Gelatineplatten werden mit einer einprozentigen Lösung von doppelchromsaurem Kali, der einige Kubikcentimeter Ammoniak zugesetzt sind, etwa drei Minuten lang bei Gas-, Petroleum- oder sonstigem gelben, künstlichem Licht gebadet, kurz abgespült und zum Trocknen in einen dunklen Raum gestellt, welch letzteres sechs bis zehn Stunden in Anspruch nimmt.

Kopiert wird unter einem spektroskopischen Negativ für Grün etwa eine Stunde, für Rot anderthalb Stunden. Das Bild muß deutlich braun auf gelbem Grunde sichtbar sein.

Nach Wässern der Chromgelatinekopie nimmt diese an den belichteten Stellen Farbstofflösung infolge Beizwirkung des durch Reduktion entstandenen Chromdioxydes an, die zweckmäßig konzentriert gehalten wird, und es entsteht nach einem Negativ ein Positiv.

Zu beachten ist, daß die Weißen der Kopien möglichst rein erhalten bleiben; denn wenn auch sie gedeckt sind, wird die Klarheit des Bildes mehr als bei jeder gewöhnlichen Kopie beeinträchtigt und damit auch die plastische Wirkung.

Die beiden Farbenkopien werden nun derartig übereinander gelegt und ver-

---

[1]) Von Dr. E. Jacobsen, Charlottenburg, Englische Straße 5; Günther Wagner, Farbenfabrik, Hannover, Engelbostelerdamm 67; Carl Saun, Dresden A., Pestalozzistr. 25 u. a. zu beziehen. — [2]) Die Herstellung von Diapositiven übernehmen Carl Günther, Berlin, Behrenstraße 24; Dr. Franz Stödtner, Berlin NW., Alt Moabit 87 und Dr. Burstert und Fürstenberg, Berlin W., Bayreutherstr. 18. Fertige Bilder zum Skioptikon sind zu beziehen von Romain Talbot, Berlin C., Brüderstr. 10; A. Krüß, Hamburg, Adolphsbrücke 7; W. Hagedorn, Berlin SW., Alte Jacobstr. 5; E. Liesegang, Düsseldorf; M. Kohl, Chemnitz; speziell eine reichhaltige Sammlung von Bildern aus dem Gebiete der Elektrizitätslehre und der Elektrotechnik von Otto Wigand, Zeitz, Wendischer Berg 3. Weitere Zusammenstellung von Firmen, welche Diapositive liefern, gibt Troje, Z. 12, 82, 1899. — [3]) Man sehe hierüber z. B. Errera, Photomechanische Laternbilder, Eders Jahrbuch für Photographie und Reproduktionstechnik 14, 21, 1900. Ferner die Schriften von Dr. Neuhauß und Prof. Dr. Miethe. A. Hofmann, Die Praxis der Farbenphotographie nach dem Dreifarbenprozesse, Wiesbaden, O. Nemnich. Die Projektion der nach Jolys Verfahren verfertigten farbigen Photographien erfordert fein schraffierte Platten, welche zu beziehen sind zum Preise von 15 Mk. von der Firma Dr. A. Hesekiel u. Co. in Berlin, Leipzigerstr. 105. Dieselbe Firma liefert farbige Diapositive nach diesem und anderen Verfahren (Selle, Lumière u. s. w.). Diapositive mit stereoskopischer Wirkung sind zu beziehen von M. Petzold (Chemnitz).

klebt, daß nicht mehr stereoskopisch wirkende, korrespondierende Punkte übereinander fallen, was präcis nicht eingehalten zu werden braucht. Ebenso wenig ist Erfordernis, daß die Distanz der Objektive am Aufnahmeapparat derjenigen der Augen entspricht, weil die Bildhälften nicht nebeneinander geklebt werden. Jedes Augenpaar empfängt sofort den körperlichen Eindruck, was beim Prismenstereoskop durchaus nicht immer der Fall ist.

Zu Unterhaltungszwecken kann man auch die käuflichen Abziehbilder; welche sich leicht auf Glas übertragen lassen, verwenden [1]).

Fünftes Kapitel.

Räume für Mechaniker und Diener.

69. Die Werkstättenräume. Über die Notwendigkeit und den Nutzen einer größeren Institutswerkstätte zum Anfertigen von Apparaten pflegen die Meinungen geteilt zu sein. Selbständige Mechaniker pflegen zuweilen die Einrichtung solcher Werkstätten geradezu als einen Eingriff in ihre Rechte zu betrachten, als ein Konkurrenzunternehmen, welches keine Steuern bezahlt und sogar staatliche Unterstützung genießt. Sie hätten auch damit vollkommen recht, wenn es Aufgabe der Institutswerkstätten wäre, Apparate, die sich Mechaniker ersonnen oder unter Aufwendung von viel Zeit, Mühe und Kosten technisch ausgearbeitet und praktisch verwertbar gemacht haben, nachzuahmen und in den Handel zu bringen und dadurch dem Erfinder oder Konstrukteur den geschäftlichen Nutzen zu entziehen, auf welchen dieser zweifellos ein Anrecht hat.

In Wirklichkeit verhält es sich gerade umgekehrt. Die Apparate, welche in Institutswerkstätten hergestellt werden, sind solche, die nicht im Handel zu beziehen ind. Es sind Probestücke, an welchen der Physiker, beständig bessernd, die neuen ntdeckungen auf wissenschaftlichem Gebiete verwertet und die er dann, in der egel ohne Patente zu nehmen, den Mechanikern zur Nachbildung und Massenbrikation überläßt, ohne davon einen persönlichen Nutzen zu haben.

Selbst an Mittelschulen ist eine Werkstätte unentbehrlich, aber gleichfalls nicht wa in dem Sinne, daß der Lehrer die käuflichen Apparate selbst herzustellen hätte, n dem Staate auf Kosten der Erfinder einige Auslagen, zu welchen er verpflichtet t, zu ersparen, schon nicht aus pädagogischen Gründen. Als Dilettant wird nämlich r Lehrer, selbst wenn er Lust und Geschick zu solchen Arbeiten hätte und ihm die tige Zeit, sowie geeignetes Werkzeug zu Gebote stände, niemals diejenige Vollmmenheit und Sauberkeit der Ausführung erreichen können, die geübte Mechaniker, mentlich unter Anwendung von Spezialwerkzeugen und Spezialmaschinen, hervorbringen vermögen. Für den Unterricht ist aber die Beschaffenheit der Apparate r wesentlich. Es sollten darum auch die Behörden mit Gewährung der Mittel den physikalischen Unterricht nicht allzu sparsam sein und den Wünschen des

[1]) Abziehbares Celloidinpapier liefert in den Formaten 9 × 9 bis 18 × 24 cm das zend zu 0,9 bis 4 Mk. E. Liesegang in Düsseldorf. Bilder: Carl Schimpf, Abbilderfabrik, Nürnberg.

Lehrers, die ja nur der Sache gelten, nach Möglichkeit entgegenkommen. Im Vergleich zu früheren Zeiten hat sich in dieser Beziehung manches gebessert, doch bleibt noch sehr viel zu tun. Ein Lehrer, der physikalischen Unterricht erteilen soll ohne die nötigen Lehrmittel, befindet sich in einer wenig beneidenswerten Lage, und man mag es nicht ihm zuschreiben, wenn der Unterricht nicht von dem gewünschten Erfolge begleitet ist.

Wenn nun auch das Neuanfertigen von Apparaten im allgemeinen dem Mechaniker zu überlassen ist, so wäre es doch ein großer Irrtum, anzunehmen, der Lehrer könne gänzlich auf mechanische Arbeiten verzichten. Zu den Aufgaben des Lehrers der Physik gehört nicht nur das Lehren althergebrachter Erfahrungen und Theorien nach alten oder veralteten Methoden, er muß auch beständig bestrebt sein, die neuesten Errungenschaften der Wissenschaft nicht nur kennen zu lernen, sondern auch für den Unterricht zu verwerten und pädagogisch zu verarbeiten, als unrichtig erkanntes aus dem Lehrstoff auszuscheiden, die Demonstrationsmethoden zu verbessern und alte Apparate, die zur Zeit ihrer Erfindung den damaligen Verhältnissen entsprechend vorzüglich sein mochten, durch zweckmäßigere neue zu ersetzen. Das kann nur der Lehrer, nicht der Mechaniker, dem pädagogische Erfahrungen völlig fehlen.

Für vollkommen verkehrt halte ich die von vielen Seiten befürwortete und sehnlichst erstrebte Festsetzung einer „Normalsammlung“ physikalischer Apparate. Bequem mag das wohl für denjenigen sein, der sich das Nachdenken über pädagogische Verbesserungen sparen und diese Sorge ganz der Regierung überlassen möchte, im Interesse des Unterrichts und der Wissenschaft liegt es aber sicher nicht. Nur dadurch, daß jeder sich bemüht möglichst vollkommenes zu leisten und durch die Vereinigung sehr vieler Kräfte, indem sie ihre Erfahrungen in einer wissenschaftlichen Zeitschrift [1]) bekannt geben und sie dadurch zugleich der Prüfung durch die öffentliche Kritik unterwerfen, kann der physikalische Unterricht dem Fortschritt der Zeit angepaßt und damit erfolgreich gestaltet werden. Selbst wissenschaftliche Laboratorien, wie sie größere Firmen eingerichtet haben, machen diese Arbeit nicht entbehrlich. Freiheit ist für die Wissenschaft Lebensbedingung.

Will nun aber ein Lehrer als Forscher auf experimentell-pädagogischem Gebiete tätig sein, so muß er notwendig im stande sein, sich Apparate selbst herzustellen. Mit Bleistift und Papier kann man neue Apparate nicht konstruieren, man muß beständig probieren und auf Grund der gemachten Erfahrungen verbessern. Beiziehen eines Handwerkers ist dabei meist viel zu kostspielig und zu zeitraubend. Manche Einrichtungen sind überdies so einfach, daß man sie in viel kürzerer Zeit selbst herstellen als einem Mechaniker erklären kann. Auch haben die Mechaniker durchaus nicht immer Neigung, einen Gegenstand so herzustellen, wie man ihn gern wünschte. Häufig erfährt der Lehrer, wenn er sich an eine Firma wegen Herstellung einer einfachen, primitiv auszuführenden Vorrichtung wendet, daß der Ruf der Firma es nicht gestatte, dergleichen zu fabrizieren, daß man nur tadellos sauber gedrehte und polierte Ware liefere, daß die Verbindungen grundsätzlich nur durch Verschraubungen, nicht durch Kitten, Löten, Nieten u. s. w. hergestellt würden und dergleichen mehr, alles aber selbstverständlich zu entsprechend hohen Preisen, die der Lehrer nicht aufzubringen vermag.

[1]) Z. B. Poske, Zeitschrift zur Förderung des physikalischen und chemischen Unterrichts.

Häufig wird auch der Lehrer die Apparate zum Zwecke der Reinigung oder zur Beseitigung von Störungen zu zerlegen haben, und nicht selten wird er in die Lage kommen, einen kleinen Schaden reparieren oder einzelne Teile durch neue ersetzen zu müssen. Zu allen solchen Arbeiten ist eine eigene Werkstätte unentbehrlich und wer sich einmal die nötige Fertigkeit erworben hat, wird mit Vergnügen darin arbeiten und diese körperliche Tätigkeit als eine Erholung, als Gegengewicht gegen die ermüdende geistige Tätigkeit des Unterrichts hochschätzen lernen. Er gewinnt dadurch auch weit größere Sicherheit im Ausführen der Experimente und wird nicht gleich durch jede Kleinigkeit in Verlegenheit gebracht. Da in den Laboratorien der Universitäten eine Anleitung zu mechanischen Arbeiten nicht gegeben wird und auch schon der erforderlichen Einrichtungen halber nicht gegeben werden kann [1]), so ist der Lehrer in der Regel darauf angewiesen, sich die nötigen Fertigkeiten autodidaktisch zu erwerben. Im folgenden sind deshalb häufiger vorkommende Arbeiten näher beschrieben [2]).

Abgesehen vom Unterricht bietet die Befähigung zu mechanischen Arbeiten für

[1]) Meines Erachtens ist es ein Anachronismus, daß heute, wo in den Laboratorien und Konstruktionssälen der technischen Hochschulen so reiche Gelegenheit zur Erlangung technischer Ausbildung gegeben ist, die Studierenden der Physik noch immer ihre Studien fast ausschließlich an Universitäten betreiben, und so fast keine Gelegenheit erhalten, einen Einblick zu gewinnen in die vielfachen Anwendungen der Resultate physikalischer Forschung auf dem Gebiete der modernen Technik. Es ist dies um so mehr zu bedauern, als die wenigen Physikstunden an den Mittelschulen für die Gebildeten im allgemeinen, namentlich für die meist ausschließlich juristisch gebildeten Leiter der staatlichen Verwaltung fast die einzige Gelegenheit bieten, einen Blick zu tun in die Quelle unserer heutigen Kultur (vergl. O. Lehmann, Physik und Politik, Rektoratsrede, Karlsruhe, Braun, 1901) und die innigen Beziehungen zwischen wissenschaftlicher Forschung und praktischer Anwendung. Kein Wunder, daß die physikalischen Kabinette der Schulen seitens der Behörden häufig nicht die Förderung erfahren, die der Wichtigkeit des physikalischen Unterrichts angemessen wäre. Soll eine Besserung in dieser Hinsicht eintreten, so muß vor allem der Lehrer der Physik auch Techniker, nicht wie es meist der Fall ist, lediglich Philosoph oder Mathematiker sein. Ich halte sogar nicht einmal den Besuch der technischen Hochschule für genügend, sondern bin der Meinung, daß von dem Lehrer, dem das physikalische Kabinett einer Schule anvertraut wird, verlangt werden sollte, daß er mindestens ein Jahr lang in einer feinmechanischen Werkstätte praktisch tätig war. Dies bedeutet allerdings eine erhebliche Erschwerung des Studiums gegenüber anderen Fächern, indes kann dieselbe durch Gewährung eines höheren Gehaltes wieder ausgeglichen werden. Es soll vorkommen, daß Lehrer der Physik an Mittelschulen, aufgefordert, Vorschläge zu machen, wie den neuen Errungenschaften der Elektrotechnik durch Beschaffung passender Einrichtungen Rechnung zu tragen sei, sich völlig außer stande sehen, solche Vorschläge zu machen und sich hilfesuchend an elektrotechnische Firmen wenden müssen, die natürlich von den Bedürfnissen einer Mittelschule keine Vorstellung haben und die Projekte so einrichten, wie es sich für sie selber vom finanziellen Standpunkte aus am günstigsten gestaltet. Es soll auch vorkommen, daß die ganze innere Einrichtung des physikalischen Kabinetts in Ermangelung eines fähigen Lehrers der Baubehörde übertragen wird, die natürlich in völliger Unkenntnis des Nötigen einen Vertrag mit einer ihr zufällig bekannten Mechanikerfirma abschließt, welchem zufolge sich diese verpflichtet, das zu liefern, was ihr gut scheint. Wird dann später ein tüchtiger Lehrer berufen, so mag dieser zusehen, wie er mit dem Vorhandenen zurechtkommt. Derartiges sollte nicht vorkommen, der Lehrer der Physik muß durchaus auch in physikalischer Technik Sachverständiger sein. — [2]) Ausführlichere Anleitung findet sich in O. Lehmann, Physikalische Technik, speziell Anleitung zur Selbstanfertigung physikalischer Apparate. Leipzig, Engelmann, 1885 (zweite Auflage in Vorbereitung) und Max Hofmann, Praktische Werkstättenmechanik. Wien, Hartleben, 1896.

den Lehrer der Physik weiter den wichtigen Vorteil, daß er dadurch die Möglichkeit erhält, in freien Stunden auch auf dem Gebiete wissenschaftlicher Forschung sich zu betätigen, d. h. Apparate für seine wissenschaftlichen Studien durch Selbstanfertigung zu erlangen, namentlich wenn er sich ein geeignetes Arbeitsgebiet mit Rücksicht hierauf auswählt [1]), während sonst die Beschaffung solcher nicht direkt dem Unterricht dienender Apparate bei den geringen Mitteln, die den physikalischen Kabinetten der Schulen zur Verfügung gestellt sind, in den meisten Fällen unmöglich sein würde.

Nicht unzweckmäßig ist es, zu mechanischen Arbeiten (insbesondere während der Ferien) auch Schüler beizuziehen, speziell solche, die sich im physikalischen Unterrichte durch ihre Leistungen besonders hervorgetan haben und auch natürliche Anlage verraten [2]). Natürlich muß alles, was an Zwang erinnern könnte, dabei streng ausgeschlossen bleiben und die Zulassung als eine Art Belohnung oder verdiente Auszeichnung gewährt werden. Sorgsam muß auch der Eifer dieser jugendlichen Arbeiter in Schranken gehalten werden, damit sie nicht darüber die Hauptsache, die Erledigung ihrer Schularbeiten, vernachlässigen.

Was die Lage der Werkstätte anbelangt, so muß sie tunlichst in direkter Verbindung mit dem Vorbereitungszimmer stehen, doch in solcher Entfernung vom Auditorium, daß geräuschvolle Arbeiten dort nicht stören können. Sie muß möglichst viele Fenster besitzen, und zwar alle an der Nordseite.

Für größere Institute sind gesonderte Räume für feinmechanische Arbeiten und Glasbläserei, für Schmiede und Schlosserei, für Schreinerei und Lackierarbeiten, für chemische Arbeiten u. s. w. notwendig, auch muß, wenn mehrere Mechaniker angestellt sind, natürlich jeder seine besondere Werkbank und gesondertes Werkzeug zur Verfügung haben. Sodann ist zu unterscheiden zwischen der allgemeinen Werkstätte, welche den Unterrichtszwecken dient und der Privatwerkstätte, welche sich an das wissenschaftliche Laboratorium anschließt und von der ersteren entfernt, eventuell in einem anderen Stockwerke gelegen sein kann.

Die Zimmerwände werden mit heller Farbe angestrichen, womöglich tapeziert und der Fußboden gut lackiert, ebenso wie auch in den anderen Räumlichkeiten. Der Fußbodenlack schützt den Boden gegen allzustarke Abnutzung, erleichtert die Reinhaltung, beseitigt den unangenehmen Geruch, der durch Aufsaugen übelriechender Dämpfe in nichtlackierten Dielen zuweilen hervorgebracht wird und gewährt endlich einen viel angenehmeren Eindruck, als ein mit zahlreichen Öl- und anderen Flecken verunzierter, gewöhnlicher Fußboden. Steinplatten dürfen nicht als Fußbodenmaterial gewählt werden, da das längere Arbeiten auf Steinplattenboden wohl der verminderten Reibung, der geringen Elastizität und der vergrößerten Wärmeleitung halber sehr ungemütlich und ungesund ist [3]). Linoleumbelag würde bald durch herabfallende heiße Teile, Siegellacktropfen, scharfe Spitzen u. dergl.

---

[1]) Vergl. O. Lehmann, Molekularphysik, Bd. I, Vorrede S. VI. — [2]) Vergl. O. Lehmann, Programm der Mittelschule in Mülhausen i. E. 1880. Darin ist eine Beschreibung der von mir eingerichteten Schülerwerkstätte, sowie der von den Schülern angefertigten Arbeiten enthalten. — [3]) Heinze und Kraner, Papyrolithfabrik, Erfurt, liefern Papyrolithfußböden; C. und E. Mahla, Nürnberg 7, Terralithfußböden (absolut fugenlos, fußwarm, schwammsicher und feuersicher); Torgamentgesellschaft, Leipzig, Torgament. Parkettüberdecken alter Fußböden liefern Albert Wesse, Berlin W., Bülowstraße 32; Wolgaster Akt.-Ges. für Holzbearbeitung, Wolgast in Pommern, u. a.

zerstört sein, ein angestrichener Tannen- oder besser Ahornholzboden läßt sich dagegen jederzeit leicht ausbessern und genügt allen Ansprüchen, vorausgesetzt, daß er aus tadellosem Holze mit senkrecht stehenden Fasern mit Sorgfalt hergestellt ist. Zweckmäßig ist es, wenn die Wände mit einer ziemlich hochgehenden Holzverkleidung versehen sind, da manche Arbeiten ein Anlehnen oder Anstemmen gegen die Wand erfordern. Dieselbe erhält aus gleichem Grunde am vorteilhaftesten einen etwas dunkleren Anstrich als die Wände.

Sehr wesentlich ist die Beleuchtung. Sowohl bei Tage wie am Abend dürfen nirgends grelle Schatten den zu bearbeitenden Gegenstand verdunkeln. Ebenso wenig darf aber zu grelles Licht den Arbeitenden blenden oder direktes Sonnenlicht durch unangenehme Wärme stören. Fenster, die nicht nach Norden liegen, versehe man mit dichten Vorhängen, Läden u. dergl. Zur künstlichen Beleuchtung empfiehlt sich wegen der Bequemlichkeit des Einschaltens elektrisches Glühlicht, und zwar müssen die Lampen tunlichst verbreitet sein, so daß jede Arbeitsstelle ausreichendes Licht erhält und jede Lampe muß ihren eigenen Ausschalter haben. Steht elektrisches Licht nicht zur Verfügung, so verwendet man Gasflammen an beweglichen Brennern, welche sich ganz nahe an die Stelle heranschieben lassen, wo gerade gearbeitet werden soll. Die Beweglichkeit der Brenner wird, so weit tunlich, durch Auszugröhren und Gelenkröhren bewirkt, da Kautschukröhren in der Werkstätte sehr häufig in Gefahr kommen, geknickt, oder durch einen aufgelegten schweren Gegenstand zusammengepreßt zu werden, so daß das Licht gerade in dem Momente auslöscht, wo man es am nötigsten gebraucht.

Fig. 981.



Am besten eignen sich Auerlampen mit Selbstzündung, wenigstens an solchen Stellen, wo nicht zu befürchten ist, daß der Cylinder bei den dort vorgenommenen Arbeiten in Gefahr gerät zerschlagen zu werden.

Daß auch ein Waschbecken vorhanden sein muß und Wasserhähne an verschiedenen Stellen, ferner Luftleitung und Klemmen für elektrische Leitung zum Anschluß von Gebläsen, Elektromotoren u. dergl. ist selbstverständlich.

Die Werkzeuge werden im allgemeinen an Wandbrettern in der Nähe der Fenster angebracht. Man kann so am schnellsten jedes Werkzeug holen und wieder an seinen Platz bringen und auch jederzeit übersehen, ob alle vorhanden sind oder

[1]) Seybolds Nachf. in Köln liefern ein Werkzeugbrett nach Fig. 981 zu 75 Mk., einen Werkzeugkasten nach Fig. 982 zu 100 Mk.

sich irgendwo eine Lücke findet, ob etwa ein Werkzeug unter den Abfall, die Hobelspäne, den Kehricht geraten ist. Zum Aufhängen benutzt man meist Stifte oder Haken, und für Werkzeuge, welche Hefte haben, Leisten (Rechen) mit entsprechenden Einschnitten.

Die Nägel oder Drahtstifte, an welchen die Werkzeuge aufgehängt werden, besitzen keine Köpfe und die Hefte von Feilen, Stemmeisen u. s. w. sind nahe am Ende quer durchbohrt, um sie an die Nägel anstecken zu können. Damit die Nägel

Fig. 982.



genügenden Halt haben, muß das Wandbrett aus hinreichend starkem Holze bestehen oder es werden starke Bretter aufgeschraubt, in welche man zuvor die Nägel eingeschlagen hat.

Kleinere Stücke legt man auf Schäfte. Dort finden namentlich auch Holzklötze Platz, in welche zahlreiche Löcher zur Aufnahme von Zentrumbohrern, Metallbohrern, Gewindebohrern u. dergl. gebohrt sind, wobei neben jedem Bohrer der Durchmesser in Millimetern (bei Gewindebohrern auch die Ganghöhe) angegeben ist.

Es ist sehr wesentlich, daß sich die Werkzeuge bequem wieder an ihren Platz bringen lassen, um mit dem Aufräumen nicht zu viel Zeit zu verlieren, denn mit der Herstellung eines Apparates darf die Arbeit nicht abschließen, sondern sofort müssen alle gebrauchten Werkzeuge wieder gut gereinigt, geschliffen oder geölt werden. Je sauberer und reinlicher die Werkzeuge gehalten werden, je sorgfältiger namentlich ihre Schneiden abgezogen sind, um so leichter und angenehmer ist es, damit zu arbeiten. Eine allezeit in gutem Stande gehaltene Werkstätte

ist zum Gelingen und zu prompter Erledigung der Arbeiten eine ganz unentbehrliche Bedingung [1]).

70. Die Mechanikerwerkstatt. a) Die Werkbank. Das wichtigste und unentbehrlichste Gerät, die **Werkbank**, wird notwendigerweise an der Nordseite, in einer Fensternische, aufgestellt. Sie ist ein sehr starker Tisch aus Eichenholz [2]), welcher an den Wänden durch eingegipste Bolzen durchaus sicher befestigt ist, so daß beim Feilen, Sägen oder Meißeln im Schraubstock keine merkliche Erschütterung eintritt, selbst wenn man mit voller Kraft arbeitet. Die Tischfläche wird am besten aus Buchenholz hergestellt, und zwar aus zwei oder drei Brettschichten zusammengeleimt, da starke einfache Bretter sich allzu leicht werfen. Sie ist etwa 1,5 bis 2 m lang, 50 bis 60 cm breit und 4 bis 5 cm dick. Die Höhe beträgt gewöhnlich 83 cm, in der Voraussetzung, daß man nur stehend arbeite. Wer indes nicht wie ein Mechaniker gewohnt ist, stets stehend zu arbeiten, sondern den größten Teil seiner Arbeitszeit am Schreibtische zubringt, wird, namentlich wenn es sich um feinere Arbeiten handelt, die eine sichere Hand erfordern, das Bedürfnis empfinden, dabei zu sitzen. Man kann nun zwar auch an einem hohen Tische mittels eines hohen Stuhles sitzend arbeiten, doch ist dies nicht bequem und ermüdet auf die Dauer. Einen Mittelweg kann man in der Weise einschlagen, daß man in der Nähe des Schraubstocks einen Aufsatz von 10 cm Höhe anbringt, so daß dieser Teil des Tisches sich zum Arbeiten im Stehen eignet [3]).

Fig. 983.

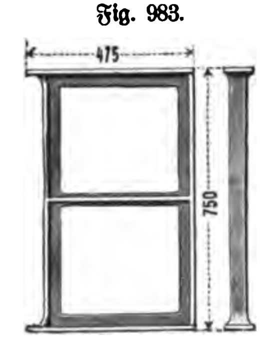


Fig. 984.



Häufig werden vorn unter der Tischplatte der Werkbank zwei Schubladen angebracht. Dieselben können dazu dienen, Teile von Apparaten, wie Schräubchen, Rädchen u. dergl. so lange aufzunehmen, bis man nach stattgefundener Unterbrechung wieder mit der Arbeit beginnen kann. Läßt man solche auf

---

[1]) Werkzeuge verschiedenster Art sind zu beziehen von E. Sonnenthal jun., Berlin C., Neue Promenade 6; H. Hommel, Werkzeughandlung, Mainz; Kücke u. Co., Werkzeugfabrik, Elberfeld; Dick, Werkzeugfabrik, Eßlingen; J. G. Weißer Söhne, St. Georgen, Schwarzwald; M. Selig jun. u. Co., Berlin NW., Karlstr. 20; Eisenführ, Werkzeugfabrik, Berlin S., Kommandantenstraße 31; Morgenstern u. Co., Werkzeughandlung, Dresden A., Neumarkt 7; C. Bauer, Werkzeuggeschäft, München; Bluth und Cochius, Werkzeugfabrik, Berlin C., Wallstr. 3; Meyer u. Co., Werkzeugfabrik, Düsseldorf, Fürstenwall 161; Hintzpeter und Lohbeck, Werkzeughandlung, Berlin SO., Neanderstraße 4; Delisle u. Ziegele, Werkzeugfabrik, Stuttgart, Paulinenstr. 14; Richard u. Herder, Werkzeug- und Stahlwarenfabrik, Solingen, Rathausstr. 20; Ernst Greuling, Werkzeugfabrik, Remscheid; Ernst Kreissig, Werkzeugfabrik, Glashütte in Sachsen; J. N. Eberle u. Cie., Werkzeugfabrik, Augsburg, Mittlere Kreuzstr. 264; Blau u. Co., Wien, Dresdenerstraße 68; Johann Pacher, Wien, Spittelberggasse 6, u. a. — [2]) H. Hommel in Mainz liefert eiserne Werkbankblöcke, wie Fig. 983 zeigt. — [3]) H. Hommel liefert auch fahrbare eiserne Schraubstockständer, wie Fig. 984 zeigt.

der Werkbank liegen, so werden sie leicht durch zufälliges Umstürzen eines größeren Gegenstandes beschädigt oder vom Tische weggeschnellt, oder gehen in anderer Weise durch irgend eine Unvorsichtigkeit verloren. Zargen, welche die Tischbeine verbinden, sind nicht zweckmäßig, da sie das Aufsuchen herabgefallener kleiner Gegenstände,

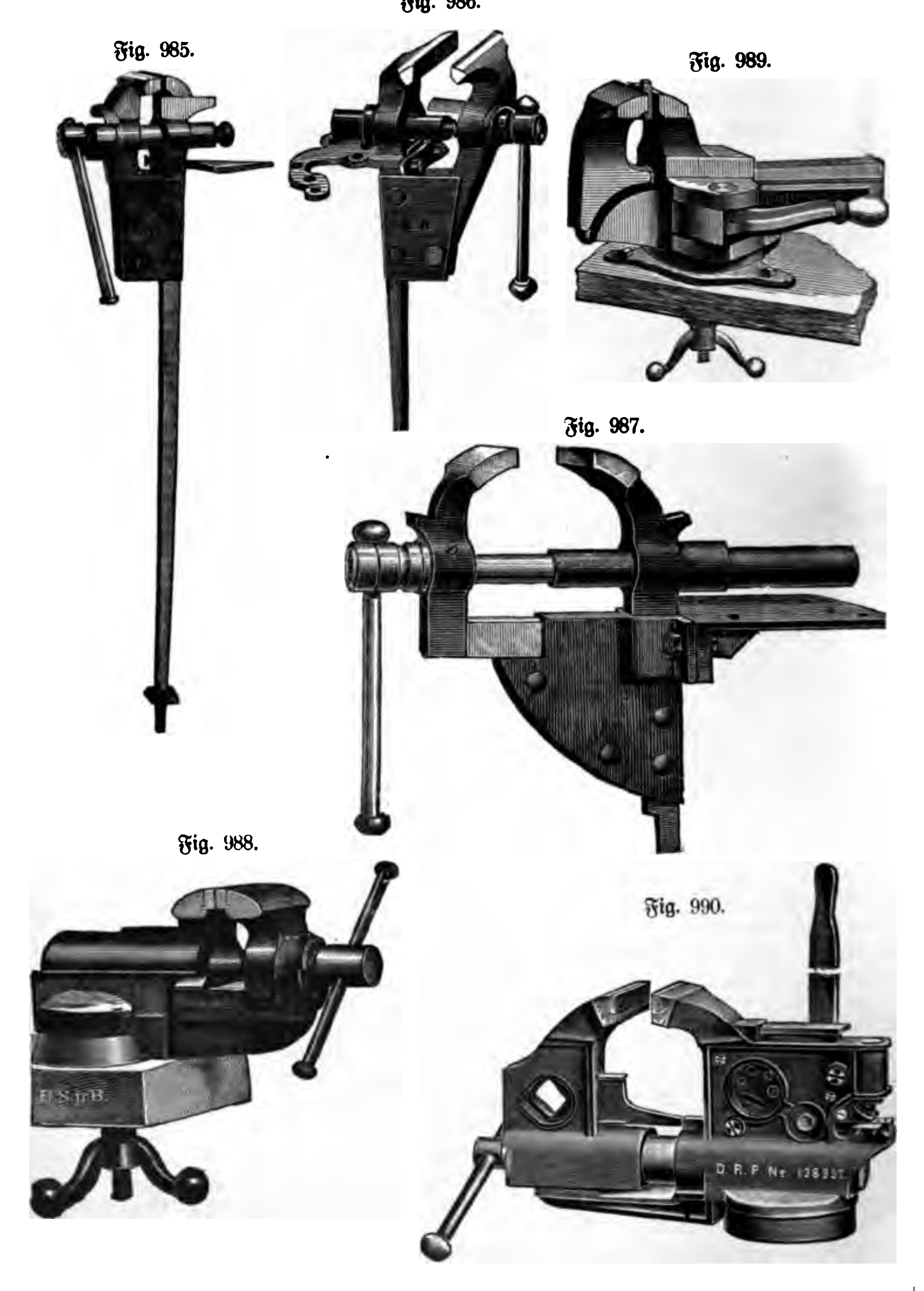


Fig. 986.

Fig. 985.

Fig. 989.

Fig. 987.

Fig. 988.

Fig. 990.

sowie auch das Reinigen des Fußbodens unter dem Tische erschweren. Wenn man es für nötig findet, kann man die Tischfüße unter Vermittelung von Winkeleisen an den Fußboden anschrauben.

In der Nähe der Werkbank, insbesondere an den Wandbrettern, müssen sich alle diejenigen Werkzeuge befinden, welche beim Arbeiten an der Werkbank gebraucht werden, und deren sind sehr viele, da dort die verschiedenartigsten Arbeiten ausgeführt werden.

Der Schraubstock wird hart am Rande der Bank, womöglich gegenüber der Mitte des Fensters, durch starke Schraubenbolzen mit Muttern möglichst sicher befestigt. Die Entfernung vom Maul desselben bis zum Kinn des Arbeitenden muß gleich der Länge des Vorderarmes sein. Die Maulbreite muß etwa 10 cm betragen. Der Schraubstockschwanz wird an einen 8 cm dicken Pfosten befestigt, welcher oben in die Bank eingezapft ist und unten in einer passenden Vertiefung einer auf den Fußboden aufgeschraubten Eisenplatte ruht, welche über einem Balken des Fußbodens aufgeschraubt ist. Die Befestigung muß so erfolgen, daß ein in den Schraubstock gespannter Stab genau lotrecht steht. Man wähle einen recht schweren Schraubstock, dessen Maul sich weit öffnen läßt, achte aber darauf, daß beim Zusammenschrauben die oberen Ränder der Backen sich genau decken. Durch

Fig. 991.



Fig. 992.

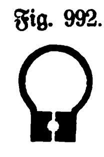
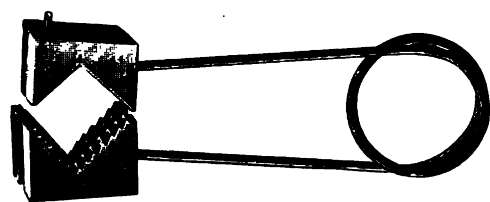


Fig. 993.



einen schlecht gearbeiteten und nicht genügend schweren Schraubstock wird das Arbeiten sehr beeinträchtigt, man sei deshalb bei der Anschaffung eines solchen nicht zu sparsam.

Fig. 985 zeigt einen feiner gearbeiteten Mechanikerschraubstock, Fig. 986 einen gewöhnlichen Schlosserschraubstock, Fig. 987 einen großen Parallelschraubstock [1]), Fig. 988 einen kleineren, drehbaren und Fig. 989 einen solchen mit Excenterklemme statt Schraube [2]).

Sehr feine Stücke klemmt man nicht direkt in den Schraubstock, sondern in eine sogenannte Spannkluppe, d. h. zwei durch ein federndes Scharnier verbundene Klötzchen aus Messing, Blei oder Holz (Fig. 991).

Für Rundeisen und Gasröhren sind solche Spannfutter (Rohrkluppen) aus gehärtetem Stahl nach Fig. 992 im Handel zu beziehen [3]).

Ist ein dünnes Rohr einzuklemmen, so raspelt man sich in zwei Holzstücke dem Rohr entsprechende halbrunde Rinnen und klemmt dann das Rohr zwischen diese Holzbacken.

---

[1]) Solche für grobe und feine Arbeiten zu gebrauchenden Parallelschraubstöcke liefert C. Sonnenthal, Berlin C., Neue Promenade 6, von 95 bis 160 mm Backenbreite und 110 bis 200 mm Spannweite zu 24 bis 75 Mk. — [2]) Bei einer neueren Art sind die Hinterbacken sehr weit verstellbar. Einen drehbaren Parallelschraubstock kombiniert mit Rohrschraubstock, Rundeisenschneider, Flacheisenschneider und Lochstange nach Fig. 990 liefern Böffinger u. Schäfer, Frankfurt a. M., zu 58 bis 66 Mk. — [3]) Rohrklemmfutter nach Fig. 993 liefern Böffinger u. Schäfer zu 6,5 Mk.

Ist ein keilförmiges Stück einzuspannen, so kombiniert man dasselbe mit einem Holzkeil von gleichem Winkel, so daß die Grenzflächen des Systems parallel werden.

Zum Einspannen befeilter Gegenstände dienen Blei-, Zink- oder Kupferbacken[1]). Einlagen aus Leder, Pappe oder Lederstreifen werden dadurch an dem Schraubstock befestigt, daß man sie, mit etwas Wachs bestrichen, die rauhe Seite nach außen gekehrt, zwischen die Backen des Schraubstocks bringt und nun kräftig zuschraubt. Beim Wiederaufschrauben hängen die Lederstreifen ganz fest an den mit Zähnchen versehenen Backen des Schraubstocks, man kann also nun den Gegenstand dazwischen spannen.

Besonders nötig werden solche Blei-, Kupfer- oder Lederbacken, wenn nicht ein ganz neues Stück verfertigt, sondern ein vorhandenes durch Abfeilen korrigiert werden soll, wenn beispielsweise eine etwas zu lange Schraube kürzer gefeilt werden soll. Würde man sie direkt zwischen die Backen des Schraubstocks einklemmen, so würde das Gewinde verdrückt werden, wird dieselbe aber zwischen zwei aus weicherem Material bestehende Backen eingeklemmt, so drücken sich die Gewindegänge in dieses ein und werden nicht beschädigt.



Fig. 994. Fig. 994 a.

Die Materialien, welche an der Werkbank verarbeitet werden, sind hauptsächlich Stahl[2]), Eisen, Messing und Bleche[3]) in den verschiedensten Formen

[1]) Bleibacken (Fig. 994) und Gußformen dazu (Fig. 994 a) liefert C. Bauer in München, Frauenstr. 19, zu 1 bis 1,60 Mk. — [2]) Der beste gewöhnliche Stahl ist der Silberstahl, welcher in polierten Rundstäben von 1 Fuß oder 1 m käuflich ist. Werkzeugstahle liefern: J. A. Henkels, Solingen; Robert Zapp, Düsseldorf; Felix und Bischoff, Duisburg. Eisen- und Stahldraht: Felten und Guilleaume, Carlswerk, Mülheim a. Rh. Silberstahlabfall: Emil Otto Mansfeld, Stahllager, Dresden. Ein besonders harter Stahl ist Vanadiumstahl (etwa 0,3 bis 0,5 Proz. Vanadium enthaltend). Wolframstahl eignet sich besonders für Magnete. Nickelstahl hat kleine thermische Ausdehnung. Für Nickelstahl mit 27 Proz. Nickel (zu beziehen von Krupp in Essen) ist sogar die thermische Ausdehnung nahezu Null (vergl. Zeitschr. f. Instrumentenkunde 23, 251, 1903 und Beibl. 27, 389, 1903). Werkzeug-Gußstahl liefert Albert Thofern, Hannover; Magnetstahl J. A. Henckels. — [3]) Vernickelte Zink-, Stahl- und Messingbleche liefert Sackurs Galvanisches Institut und Metalldruckwarenfabrik, Berlin SW., Hollmannstr. 9 bis 10. Röhren sind zu beziehen von H. Rosenthal, Berlin SW., Großbeerenstr. 71; Düsseldorfer Röhren- und Eisenwalzwerke. Gelochte Bleche und Streckmetall von Franz Méguin u. Co., Akt.-Ges., Dillingen (Saar); Schüchtermann u. Kremer, Dortmund, u. a. Drahtgewebe von Wilhelm-Heinrichswerk vorm. Wilh. Heinr. Grillo, Düsseldorf. Deltametall von der Deutschen Deltametallgesellschaft Alex. Dick u. Co., Düsseldorf-Grafenberg. Duranametall und Phosphorbronze von den Dürener Metallwerken, Akt.-Ges., in Düren, Rheinland. Messing, Kupfer, Tombach, Neusilber, Nickel, Patentnickel, Bronze, Konstanten und andere Legierungen in Stäben, Blechen,

und Stärken, wie sie in jeder Metallhandlung [1]) zu bekommen sind und im Magazin vorrätig gehalten werden. Gußstücke aus Eisen, Messing, Bronze, Zink, Magnalium [2]), Aluminium [3]) u. s. w. läßt man sich meist erst nach Modell zu dem speziellen Zwecke, zu welchem sie Verwendung finden sollen, herstellen. Immerhin empfiehlt es sich, auch von Guß häufiger vorkommende Formen vorrätig zu halten, da auf diese Weise viel Zeit gespart werden kann, selbst wenn man genötigt sein sollte, durch Abfeilen, Absägen oder Abdrehen zunächst erst Stücke von der benötigten Form herauszuarbeiten.

b) Das Vorzeichnen. Eine Arbeit beginnt stets damit, daß man die Maße feststellt, welche die Grundlage der Konstruktion bilden. Hierzu dienen vor allem Schubleeren [4]) (Fig. 995 und 996), sowie Dickenmesser [5]) (Fig. 997, 998, 999, 1000 und 1001) und Winkelmesser [6]) (Fig. 1003 M. und 1004 E.).

Röhren, Drähten u. s. w. von Basse und Selve, Altena, Westfalen. Bleche und Drähte aus Reinnickel, nickelplattiertem Flußstahl und Trimetall (drei aufeinandergeschweißten Metallen) von dem Westfälischen Nickelwalzwerk Fleitmann, Witte u. Co. in Schwerte. Nahtlose Röhren, Stahlbehälter für hohen Druck von den Deutsch-Österreichischen Mannesmannröhrenwerken, Düsseldorf. Wachnitzsche Verbund-Metallbleche (Bad. Gewerbezeitung 1903, S. 88) sind zu haben von der Deutschen Wachnitzmetall-A.-G. in Hersbruck. — [1]) Z. B. von A. Marum, Mannheim. — [2]) Über Magnalium siehe Phys. Zeitschr. 1, 340, 1900. Es wird geliefert von der Deutschen Magnaliumgesellschaft, Berlin SW., Yorkstr. 59, das Kilo zu etwa 7 Mk. Das spezifische Gewicht beträgt etwa 2,5 (Bleche von 0,05 bis 5 mm, Drähte von 0,05 bis 5 mm, nahtlose Röhren bis 100 mm Durchmesser bei beliebiger Wandstärke). — [3]) Aluminium ist ebenfalls in Form von Blech, Draht, Röhren und Stäben zu beziehen von der Aluminium-Industrie-Aktiengesellschaft, Berlin SW., Lindenstr. 101, das Kilo zu 3 Mk. (spez. Gew. 2,7); ferner von R. Heynen u. Co., Metalllager, Düsseldorf, Herzogstraße 87. Chrom, Titan, Mangankupfer, Manganzink, Manganzinn von der chemischen Thermoindustrie, G. m. b. H., Essen (Ruhr). — [4]) Präzisionsschubleeren sind zu beziehen von Flesch und Stein, Frankfurt a. M., Grünburgweg (zu 21 Mk.), desgleichen Dickenmesser zu 12 bis 40 Mk. — [5]) Sehr feine Dickenmesser (Tachymeter), welche Ablesung bis zu 0,005 mm gestatten, liefert zu 52 bis 110 Mk. E. Sonnenthal, Berlin C., Neue Promenade 6. Derselbe liefert automatische Dickenmesser nach Fig. 1001 zu 66 bis 72 Mk. Mikrometertaster fabriziert C. H. Wolf, Glashütte (Sachsen); Feintaster Autolog, Maschinenfabrik, Karlsruhe. Weitere Bezugsquellen für Mikrometerschraubenlehren, Dickenmesser und Sphärometer sind: W. Weicholdt, Glashütte i. S. (Dickenmesser nach Fig. 1002, direkte Ablesung von $^1/_{1000}$ mm); L. Schopper, Fabrik wissenschaftlicher Instrumente, Leipzig, Arndtstr. 27; J. Wanschaff, Werkstätte für wissenschaftliche Instrumente, Berlin S., Elisabethufer 1; C. Zeiß, Werkstätte für wissenschaftliche Instrumente, Jena; Straßer und Rhode, Werkstätte für Präzisionsuhrmacherei und Feinmechanik, Glashütte i. S.; R. Mühle, Werkstatt für Meßwerkzeuge, Glashütte i. S.; L. Tesdorpf, Werkstätte für wissenschaftliche Präzisionsinstrumente, Stuttgart, Forststr. 75; G. Halle, Werkstätte für wissenschaftliche und technische Präzisionsinstrumente, Rixdorf bei Berlin; E. Dieberichs, Werkstätte für wissenschaftliche Instrumente, Göttingen, Walkenmühlenweg 12; R. Fueß, Werkstätte für wissenschaftliche Instrumente, Steglitz bei Berlin, Düntherstr. 8. Über ein Wassersphärometer, welches man sich leicht selbst herstellen kann, und welches eine Genauigkeit von 0,001 mm zu erreichen gestattet, siehe Guglielmo, Z. 7, 138, 1894. Es beruht darauf, daß der Wasserspiegel in einem größeren Gefäße beim Einfließenlassen von Wasser mit einer Pipette um eine außerordentlich kleine, aber bekannte Strecke steigt und der Moment, in welchem eine im Wasser befindliche Spitze gerade eben die Oberfläche berührt, sich sehr genau feststellen läßt. — [6]) Anlegegoniometer liefert Muencke in Berlin zu 16 Mk.; Fühlhebelgoniometer zu genauen Messungen R. Fueß in Steglitz bei Berlin (siehe Leiß, Optische Instrumente u. s. w., S. 113). Siehe auch über Kontaktgoniometer und Transporteur einfacher Konstruktion Pemfield, Zeitschrift für Instrumentenkunde 6, 185, 1901.

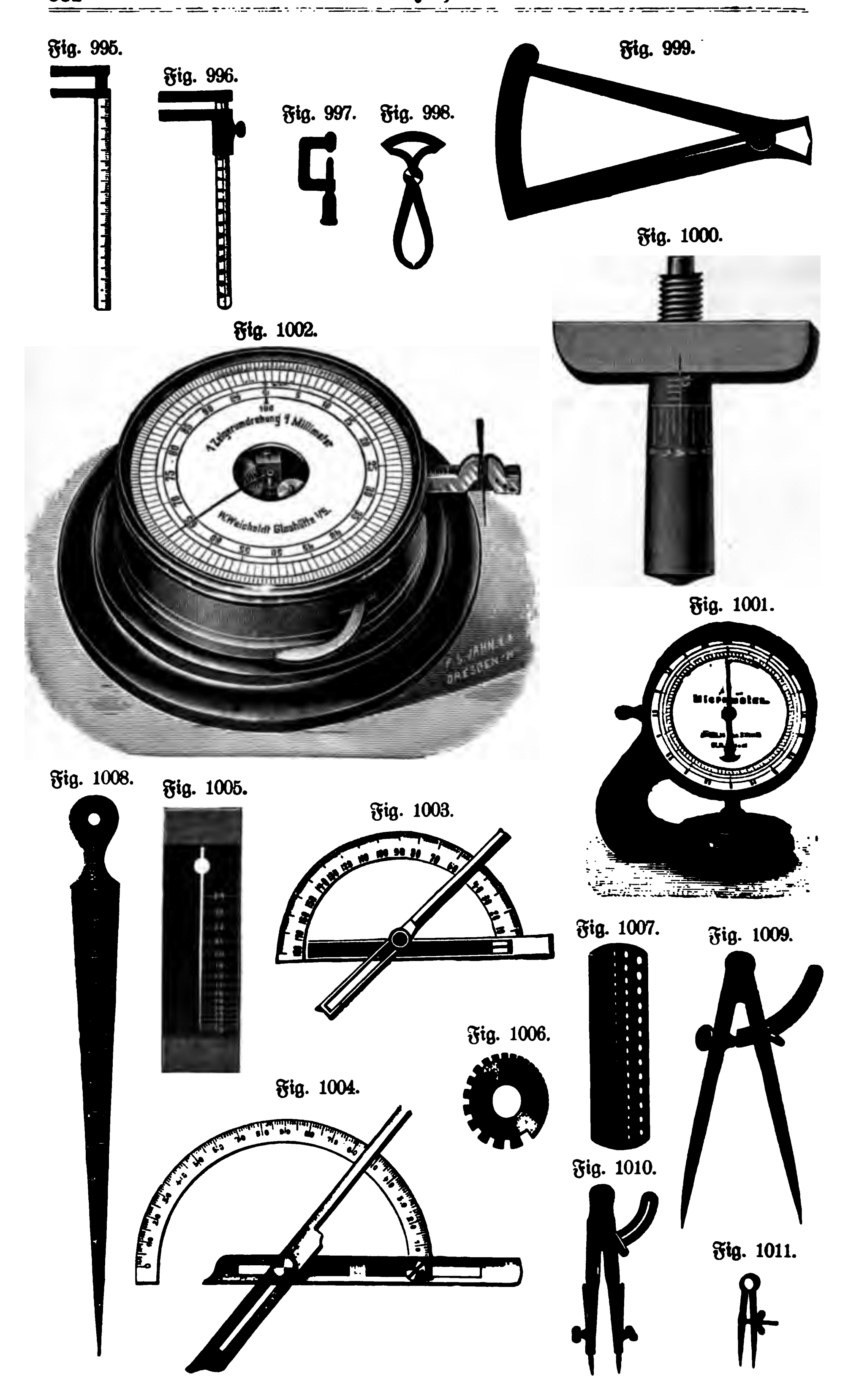


Fig. 995. Fig. 996. Fig. 997. Fig. 998. Fig. 999. Fig. 1000. Fig. 1002. Fig. 1001. Fig. 1008. Fig. 1005. Fig. 1003. Fig. 1007. Fig. 1009. Fig. 1006. Fig. 1004. Fig. 1010. Fig. 1011.

Speziell zum Messen von Drahtstärken dienen die Drahtleeren (Fig. 1006 und 1007) und zum Messen von Lochdurchmessern die Lochleere (Fig. 1008, Leerringe), Kaliberbolzen (Leerbolzen) u. dergl.

Die abgemessenen Maße sind auf das zu bearbeitende Rohmaterial zu übertragen und danach ist dann die demselben zu gebende Form anzureißen. Zum

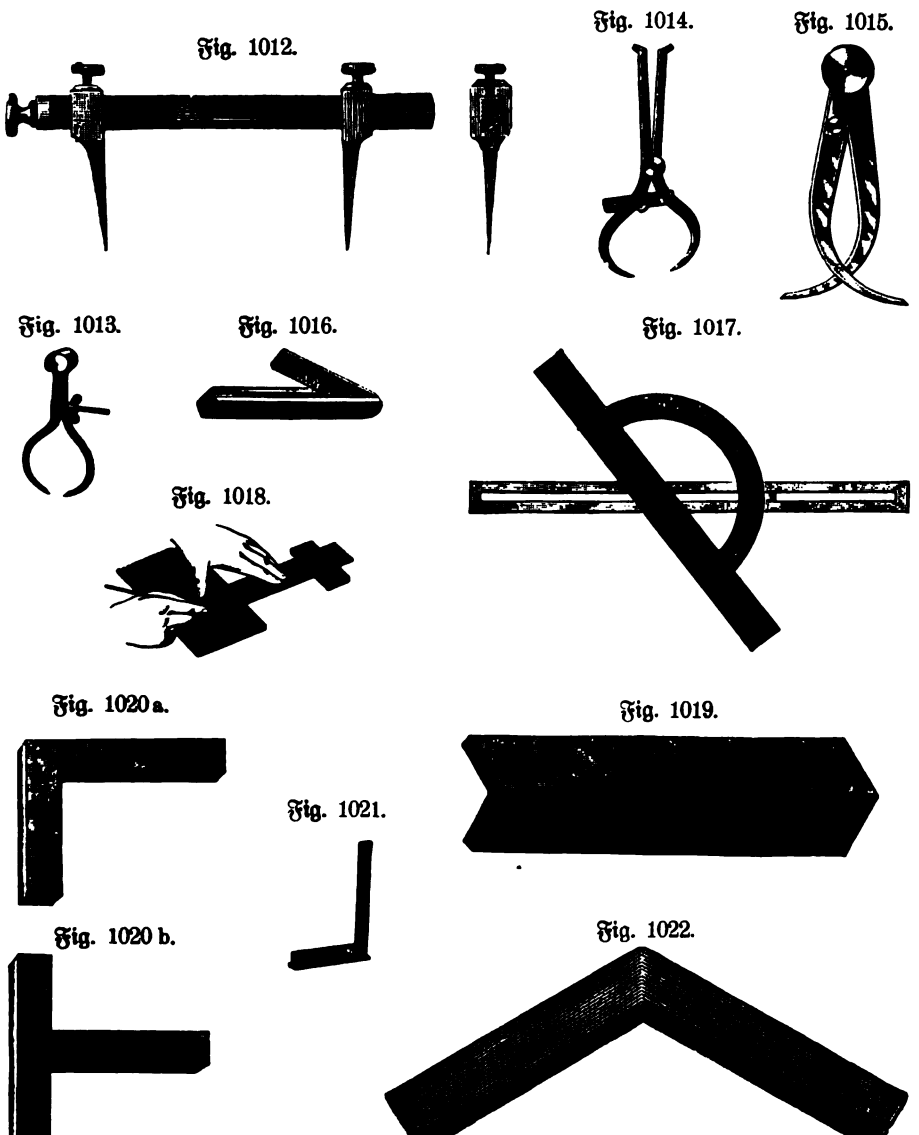


Fig. 1012. Fig. 1013. Fig. 1014. Fig. 1015. Fig. 1016. Fig. 1017. Fig. 1018. Fig. 1019. Fig. 1020 a. Fig. 1020 b. Fig. 1021. Fig. 1022.

Übertragen der Maße dienen Zirkel (Fig. 1009, 1010, 1011), Stangenzirkel (Fig. 1012), Greifzirkel (Fig. 1013, 1014, 1015) und Schrägmaß (Fig. 1016, 1017); zum Anreißen der Linien Reißnadel und Lineal (Fig. 1018), Nutenlineal (Fig. 1019)[1]), Winkel mit und ohne Anschlag (Fig. 1020, 1021, 1022),

[1]) Wellen- oder Nutenlineale nach Fig. 1019 liefern Böffinger u. Schäfer, Frankfurt a. M., zu 2 bis 9 Mk.

Parallelreißer (Fig. 1023)[1]) und stehendes Streichmaß, auch Höhenreißer oder Anreißstock genannt (Fig. 1026), mit Richtplatte (Fig. 1027 und 1028), eventuell eine Wasserwage (Fig. 1029).

Gebrochene und krumme Linien macht man dadurch deutlicher hervortretend, daß man mittels des Körners (Fig. 1030 und 1031) feine Punkte darauf einschlägt.

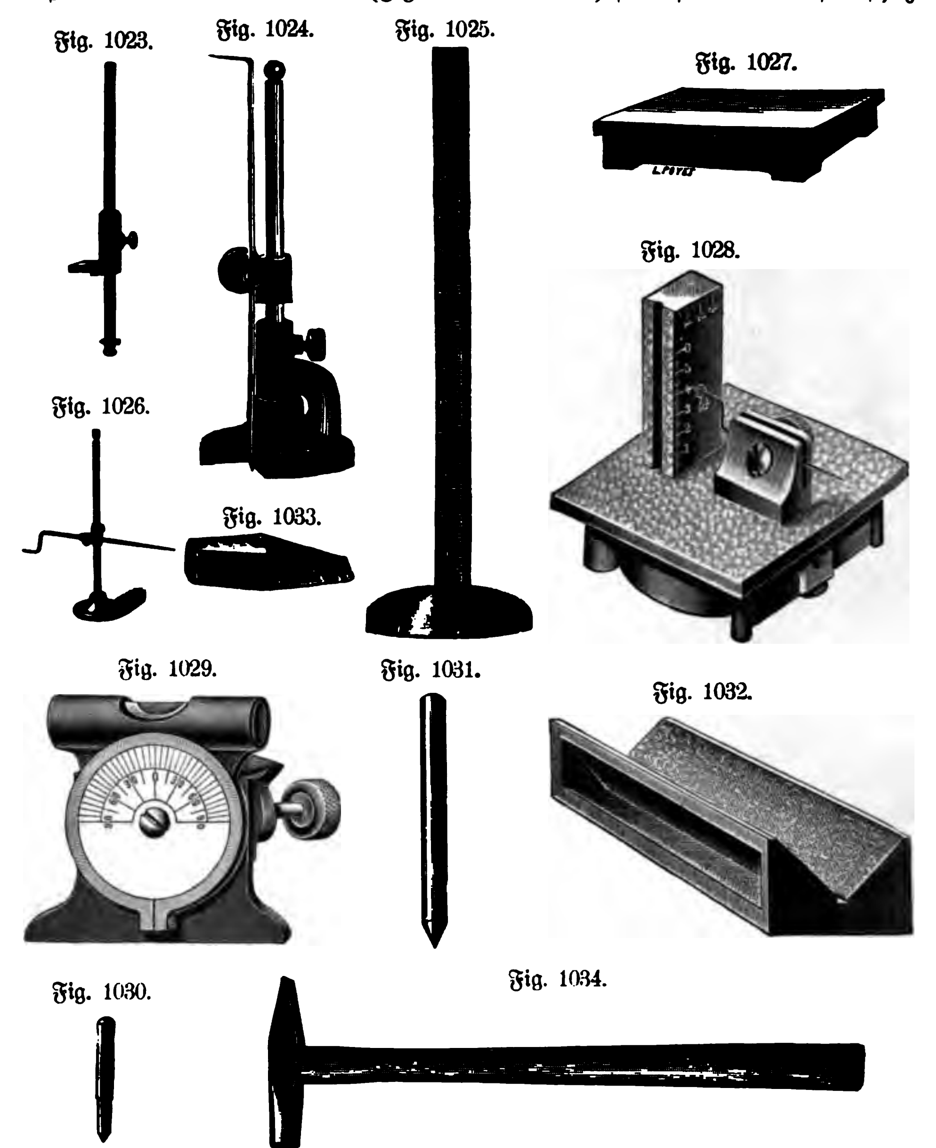


Fig. 1023. Fig. 1024. Fig. 1025. Fig. 1026. Fig. 1027. Fig. 1028. Fig. 1029. Fig. 1030. Fig. 1031. Fig. 1032. Fig. 1033. Fig. 1034.

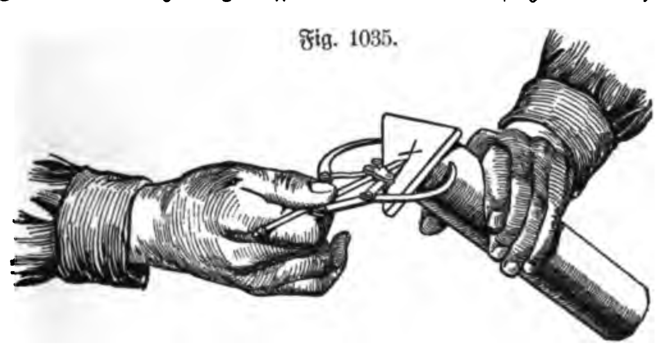
Ebenso werden die Stellen, wo Löcher gebohrt werden sollen „angekörnt". Als Unterlage dient dabei der Bankamboß (gewöhnlich 8 cm im Quadrat messend und 3 bis 4 cm hoch) oder bei cylindrischen Gegenständen das Prisma (Fig. 1032). Als Hämmer gebraucht man Gußstahlschlosserhämmer (Fig. 1033 und 1034).

[1]) Parallelreißer (Fig. 1024) und Parallelreißermaßstäbe (Fig. 1025) liefern Delisle u. Ziegele in Stuttgart zu 15 bezw. 34 Mk. u. H. Hommel, Mainz (Fig. 1028).

Sie sollen eine wenig gewölbte, harte Bahn und eine wohl abgerundete Finne haben.

Für manche häufiger vorkommenden Gegenstände fertigt man sich dauerhafte Schablonen (Leeren) aus Pappe oder Blech oder auch eigentliche Modelle und Formen aus Holz und Metall an.

Außerordentlich zweckmäßig ist es endlich, an den gebrauchten Werkzeugen irgend eine Führung (Anschlag) anzubringen, welche dieselben nötigt, genau in vorgeschriebener Richtung und nur bis zu abgemessener Breite und Tiefe zu wirken[1]).


Fig. 1035.

Sind alle Einzelteile eines Apparates nach Maß fertig gearbeitet, so wird derselbe „montiert", d. h. es werden diese Teile genau zusammengesetzt, etwa noch vorhandene Unebenheiten und Ungenauigkeiten beseitigt und endlich (hauptsächlich durch Zusammenschrauben, Nieten und Kitten) vereinigt. Die für das Zusammenfügen nötigen Schraubenlöcher, Nuten für Keile u. dergl. werden, soweit dies möglich, erst jetzt ausgearbeitet, bisweilen sogar auch einzelne Teile überhaupt nur an den Stellen, wo sie zusammengepaßt werden sollen, fertig gearbeitet. Das übrige bleibt roh bis nach dem Montieren und wird dann erst vollendet. Endlich werden die blank bleibenden Metallteile, welche äußerlich zu sehen sind und ein feines Aussehen haben sollen, mittels einer feinen Feile geschlichtet, mit feinem Schmirgel geschliffen und eventuell noch poliert. Rohen Stellen gibt man einen Lack- und Firnisanstrich, Holzteile werden mit Ölfarbe gestrichen, lackiert und poliert, Messing und Kupfer entweder einfach oliert oder gebeizt und lackiert.

Fig. 1036.

c) Blech-, Draht- und Rohrabschneiden. Sehr viele leinigkeiten kann man sich aus Blech herstellen, dessen Bearbeitung im llgemeinen sehr leicht ist, da es sich ebenso wie Draht mit Hammer, lach- und Rundzange in die verschiedensten Formen biegen und durch ieten, Falzen oder Verlöten selbst zu sehr komplizierten Hohlkörpern ngestalten läßt. Nachdem man eine auszuschneidende Figur zunächst it Lineal und Reißnadel oder mit dem Zirkel mit Spitzen vorgezeichnet hat, neidet man sie mit Hilfe der Blechschere (Fig. 1036) ganz ebenso aus, wie man n Stück Papier oder Tuch ausschneidet.

Die Schere muß stets senkrecht zur Blechfläche geführt werden. Für krumme hnittlinien eignen sich besonders die gebogene und gebrochene Schere ig. 1037 und 1038). Größere Bleche spannt man beim Schneiden, wie Fig. 1039 gt, in den Schraubstock. Ist das Blech sehr stark, so daß das Schneiden auf se Art zu mühsam wäre, so spannt man den einen Schenkel der Blechschere in

[1]) Als Beispiel diene der bequeme Centriertaster, Fig. 1035, zu beziehen von ffinger u. Schäfer in Frankfurt a. M. zu 3 Mk.

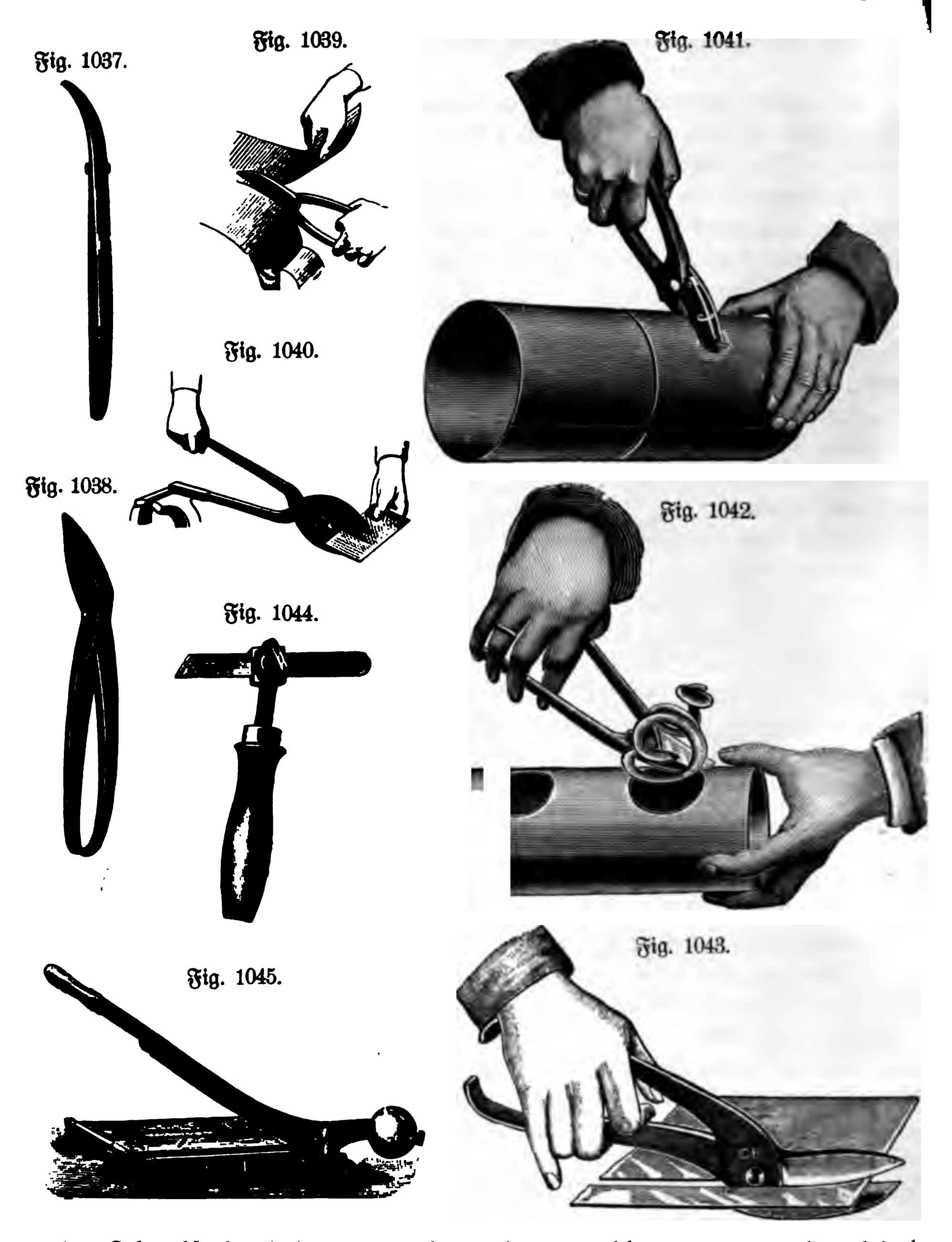


Fig. 1037. Fig. 1038. Fig. 1039. Fig. 1040. Fig. 1041. Fig. 1042. Fig. 1043. Fig. 1044. Fig. 1045.

den Schraubstock und bewegt nur den anderen, welchen man eventuell noch durch einen angeschraubten Feilkloben verlängern kann. Natürlich darf man eine Schere in dieser Art auch nicht zu stark beanspruchen, sondern muß zu einer größeren greifen, wenn man fühlt, daß sie Schaden leiden würde. Die größten (Stockscheren) sind, wie Fig. 1040 zeigt, mit einem Haken zum Einspannen versehen[1]).

[1]) **Böffinger u. Schäfer**, Frankfurt a. M., liefern **Lochscheren** nach Fig. 1042 zu 4,5 Mk. und **Rohrscheren** (Fig. 1041) zu 7 Mk. Eine **Durchgangsschere** nach Fig. 1043 zum Streifenschneiden liefert C. **Bauer** in München, Frauenstr. 19, zu 6 Mk.

Zum Abschneiden dicker Zinkblechtafeln dient der **Reißhaken** (Fig. 1044), welcher an irgend einer Latte (nicht an einem Lineal, welches dadurch geschädigt werden könnte) entlang geführt wird. Sollen rechteckige Stücke in größerer Zahl hergestellt werden, so gebraucht man mit Vorteil die **Tafelschere**[1] (Fig. 1045), welche auf einem besonderen eisernen Gestell mit Möbelrollen angebracht wird. Zum Ausschneiden kreis- oder ringförmiger Stücke dient die **Kreisschere** (Fig. 1046) und zum Ausstanzen beliebig geformter Figuren mittels entsprechend geformter Stempel die **Schraubenpresse** (Fig. 1047).

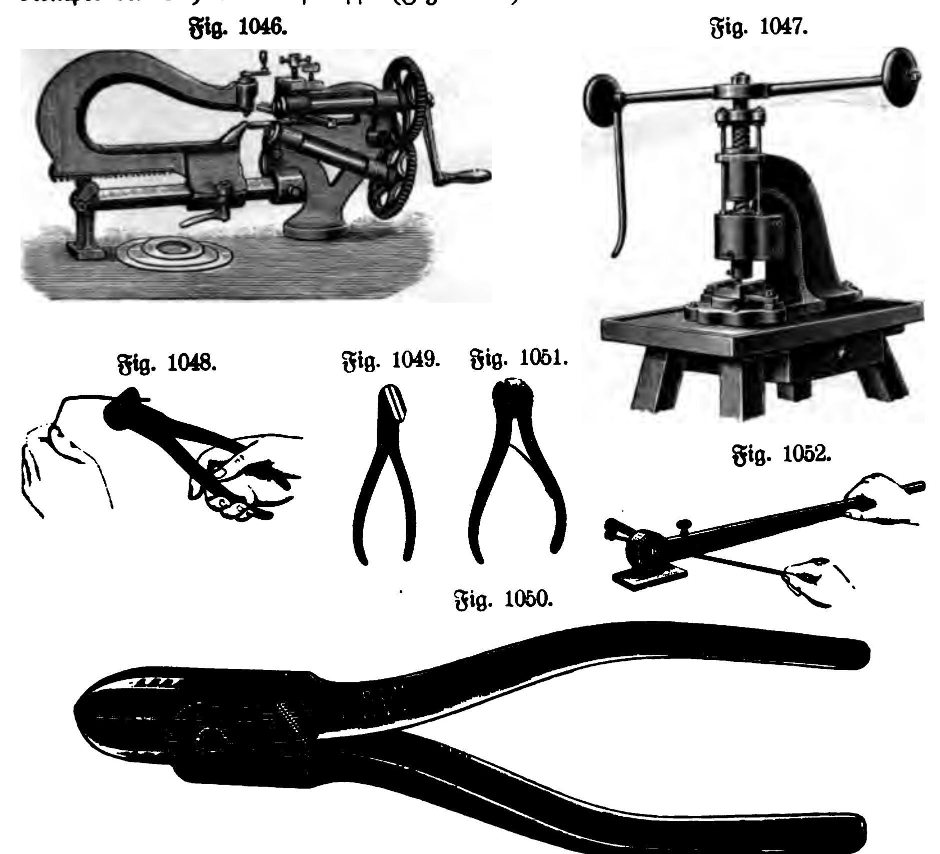
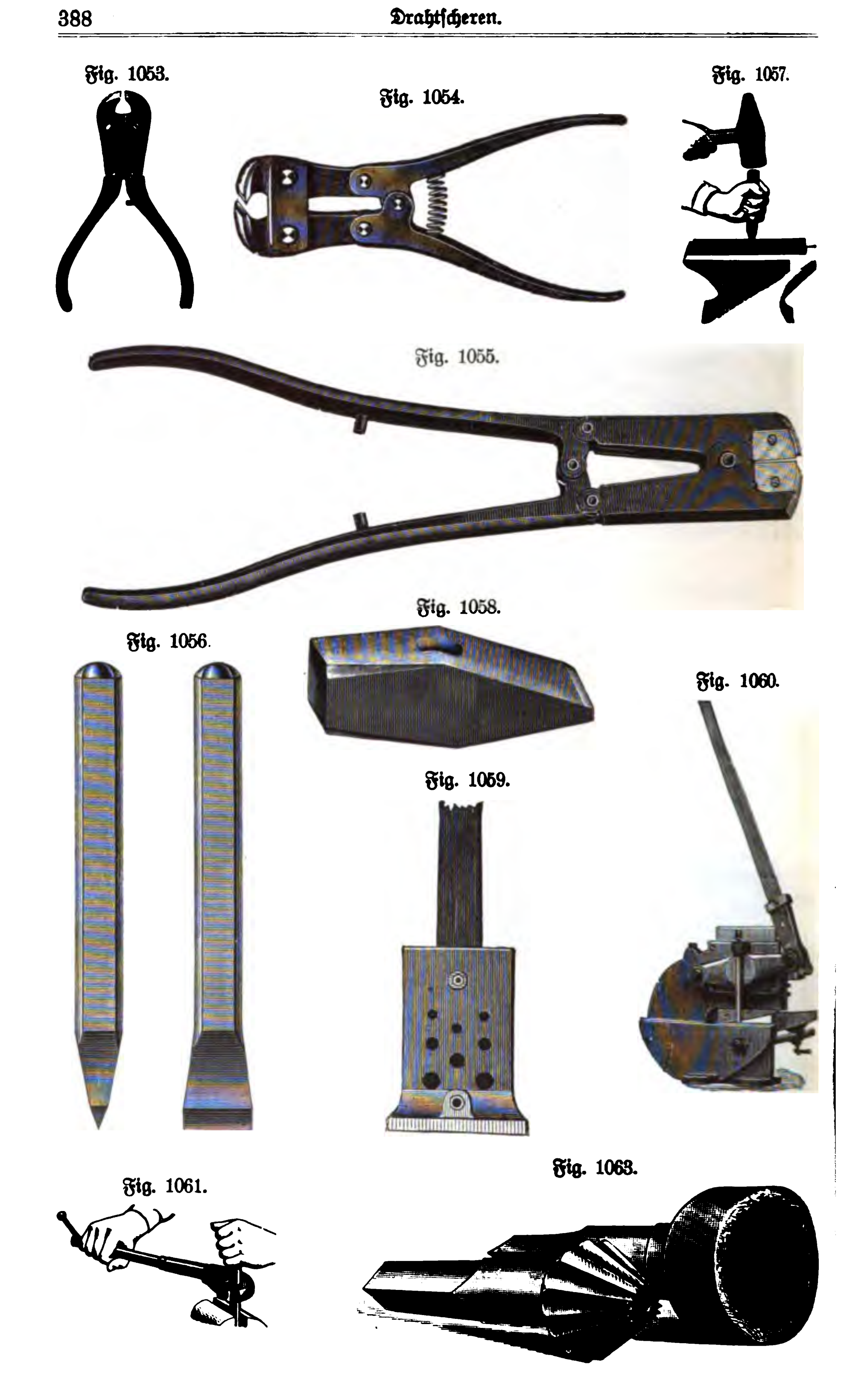


Fig. 1046. Fig. 1047. Fig. 1048. Fig. 1049. Fig. 1051. Fig. 1052. Fig. 1050.

Zum **Abkneifen von Drahtstücken** bedient man sich der **Kneif- oder Beißzangen** (Fig. 1048 und 1049). Bei Anschaffung solcher sei man nicht zu sparsam, sondern wähle nur recht kräftige, welche im stande sind, auch Stahldraht abzuschneiden. Hat man den Draht damit gefaßt, so darf man an letzterem nicht mehr herumbiegen, da andernfalls die fast glasharten Schneiden der Zange ausspringen würden. Aus gleichem Grunde darf man eine solche Zange niemals zum Nägelausziehen verwenden[2].

Sicherer, aber weniger bequem ist die Schere Fig. 1051. Für dicke Drähte

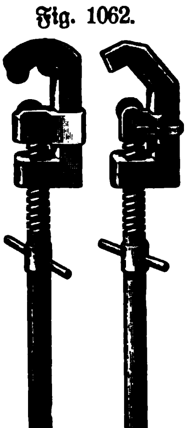
[1]) Ebenso wie die übrigen Blechbearbeitungsmaschinen zu beziehen von **Erdmann Kircheis**, Maschinenfabrik, Aue (Sachsen). Tafelscheren auf Gestell liefert **Sonnenthal**, Berlin, zu 117 bis 453 Mk. bei einer Messerlänge von 410 bis 100 mm. — [2]) Eine neuere Form mit seitlicher Schneide nach Fig. 1050 liefern **Böffinger u. Schäfer**, Werkzeughandlung, Frankfurt a. M., Weserstr. 17, zu 3 Mk.


Fig. 1053.
Fig. 1054.
Fig. 1057.
Fig. 1055.
Fig. 1058.
Fig. 1056.
Fig. 1060.
Fig. 1059.
Fig. 1061.
Fig. 1063.

wird die Drahtschere (Fig. 1052) oder die Hebelzwickzange (Fig. 1053 und 1054), für sehr dicke der Hebelgelenkseitenabschneider (Fig. 1055) gebraucht [1]).

Zum Abschneiden dickerer Flach- oder Rundeisenstücke dient im einfachsten Falle der Kaltmeißel (Fig. 1056), welchen man sich leicht selbst herstellen kann. Er wird ganz aus Stahl genommen und auf seinem ausgeschmiedeten Ende in schwach rotwarmem Zustande durch schwache Schläge abgehämmert, mit der Feile fertig gerichtet, gehärtet und dann geschliffen [2]).

Fig. 1062.



Als Hammer wird ein schwerer sogenannter Hand- oder Bankhammer (Fig. 1058) benutzt.

Der Meißel darf nie am Kopfe durch die Hammerschläge entstandene Fahnen haben, da diese beim Arbeiten abfliegen und Augenverletzungen bewirken können.

Der Amboß wird auf einen starken eichenen Klotz gesetzt und etwas eingelassen, damit er nicht infolge der Erschütterungen bei der Arbeit herunterfallen kann.

Ist eine größere Menge Rundeisenstücke von gleicher Länge abzuschneiden, so gebraucht man mit Vorteil den Rundeisenabschneider [3]), im wesentlichen eine große Drahtschere (Fig. 1059).

Für Flacheisen wird unter gleichen Umständen die Hebelschere angewandt (Fig. 1060). Die an jeder Hebelschere befindliche vertikale Festhaltungsschiene ist derart einzustellen, daß das untergeschobene Eisen nicht kippen kann. Dasselbe muß genau rechtwinklig zu den Messern gehalten werden [4]).

Zum Abschneiden von eisernen Gasröhren dient der Gasrohrabschneider, entweder mit nur einem Kreismesser oder mit mehreren (Fig. 1062). Indem man denselben unter öfterem Anziehen der Schraube mehrmals um das Rohr herumführt (Fig. 1061), wird dieses glatt abgeschnitten. Die Ränder zeigen dabei einen vorragenden Grat, welchen man mittels der Rohrfraiser (Fig. 1063) beseitigen kann [5]).

d) Absägen. Insbesondere bei Gußeisen und Messingstücken dient an Stelle des Meißels, welcher sonst zum Zerteilen und Abtrennen einzelner Stücke des Rohmaterials gebraucht wird, häufig die Metallsäge.

Beim Anschaffen der Sägeblätter muß man darauf achten, daß die Schneidekanten der Zähne breiter sind als die Dicke des Sägeblattes an irgend einer anderen Stelle, da sich andernfalls die Säge klemmt und kaum hin und her zu schieben ist. Manche im Handel zu erhaltenden Exemplare sind geradezu unbrauchbar.

Besonders leicht schneiden die amerikanischen Kaltsägeblätter, „Marke Stern" [6]) (Fig. 1064). Sie verlangen indes, der sehr spitzen und harten Zähne wegen, sorgfältige Behandlung. Insbesondere muß man sich hüten, die Zähne an scharfen Kanten abzustoßen.

---

[1]) Zu beziehen von H. Hommel in Mainz. — [2]) Profilwerkzeuggußstahl, welcher die Herstellung von Meißeln sehr erleichtert, ist zu beziehen von Ed. Dünkelberg, Berlin, Wallstr. 12. — [3]) Rundeisenabschneider für Stäbe von 10 bis 31 mm Durchmesser liefert E. Sonnenthal, Berlin, zu 20 bis 105 Mk. — [4]) Excenter-Blechscheren, welche Blech bis 3 mm auf 123 mm Länge, ferner Bandeisen bis 5 mm und Rundeisen bis 12 mm schneiden, liefert Sonnenthal, Berlin, zu 75 Mk. — [5]) Rohrfraiser (Innen- und Außenfraiser) liefert E. Sonnenthal zu 8 bis 36 Mk. — [6]) Zu beziehen das Dutzend zu 2,20 bis 4 Mk. von E. Sonnenthal, Berlin. Andere Metallsägen sind zu beziehen von Haedicke u. Co., Berlin C., Neue Promenade 4.

Fig. 1064.

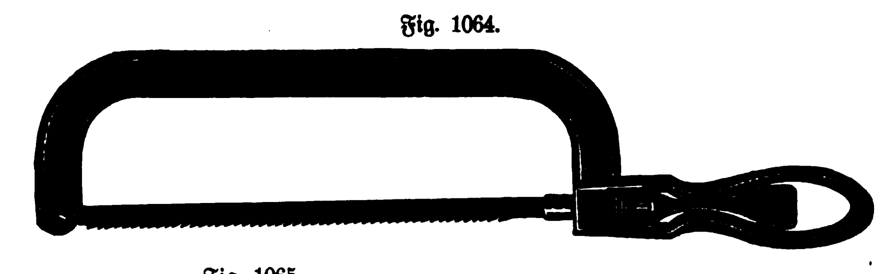


Fig. 1065.



Fig. 1066.

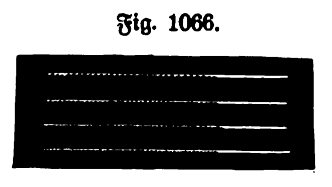


Fig. 1067.

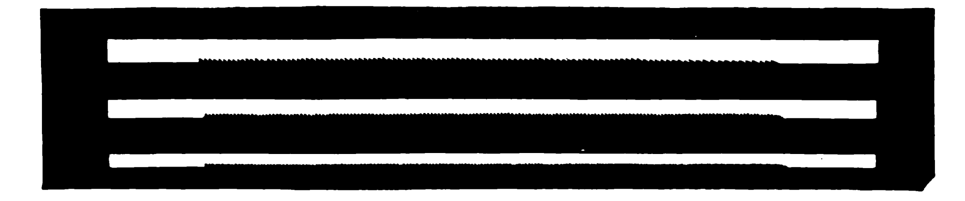
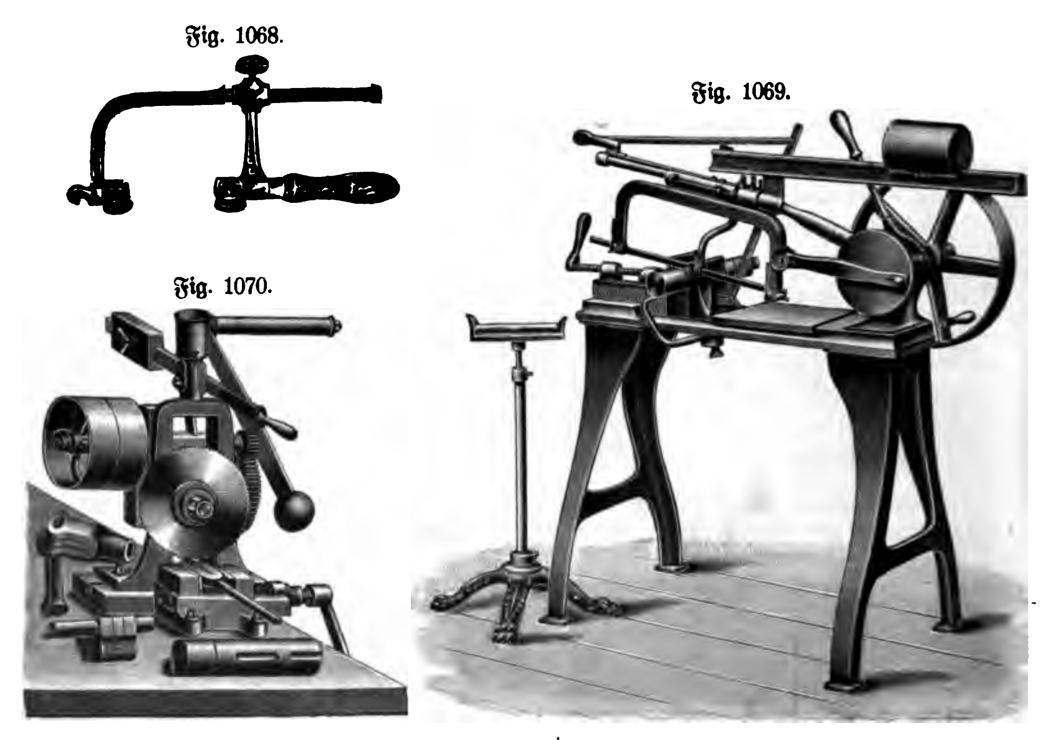


Fig. 1068.

Fig. 1069.

Fig. 1070.



Die Handhabung der Säge erfolgt, nachdem man das Blatt stark angespannt und befettet hat, ebenso wie die einer Holzsäge, so daß die Säge beim Stoßen, nicht beim Ziehen wirkt, daß also die Zähne nicht gegen den Arbeitenden zu, sondern von ihm weggerichtet sind.

Eine gewöhnliche Laubsäge kann ebenfalls zu Metallarbeiten, namentlich zum Zersägen von Zinkblech, benutzt werden [1]).

Zum Schärfen von Metallsägen benutzt man nicht gewöhnliche Dreikantfeilen, sondern Spezialfeilen bester Sorte.

Zum Absägen größerer Stücke ist zu empfehlen die Metallkaltsägemaschine für Hand- und Kraftbetrieb „Marke Stern", Fig. 1069 [2]), weniger die in Fig. 1070 dargestellte Kreissäge [3]).

e) Feilen und Meißeln [4]). Das abgetrennte Stück Rohmaterial wird in den Schraubstock eingespannt und vollends bis zu richtiger Form fertig gefeilt,

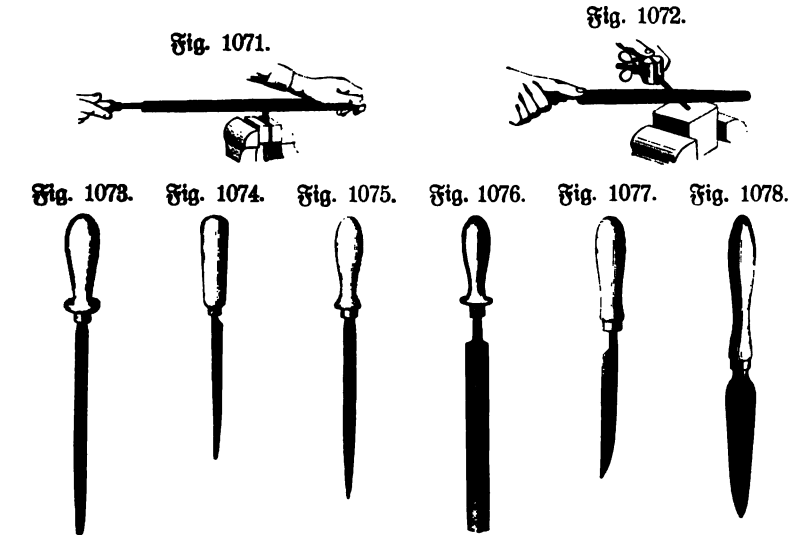


Fig. 1071. Fig. 1072.

Fig. 1073. Fig. 1074. Fig. 1075. Fig. 1076. Fig. 1077. Fig. 1078.

unter beständiger Kontrolle mit Winkelmaß und Zirkel [5]). Je weniger man Übung besitzt, um so häufiger muß man diese Instrumente anlegen, wenn etwas brauchbares durch die Arbeit erzielt werden soll. Man feilt zunächst eine Facette möglichst eben an und bestimmt danach die übrigen. Verschiedene Formen von Feilen zeigen die Fig. 1073 bis 1078 [6]).

---

[1]) C. Bauer in München liefert Laubsägen Fig. 1066 und sogenannte Kettensägen, Fig. 1067, das Gros zu 1,8 bis 4,5 Mk. Laubsägebogen, Fig. 1068, zu 1 bis 2,7 Mk. — [2]) Zu beziehen zu 100 Mk. von E. Sonnenthal, Berlin. — [3]) Hinterdrehte Kreissägen sind zu beziehen von Flesch und Stein, Frankfurt a. M. — [4]) Brillen zum Schutz gegen die beim Meißeln fortfliegenden Stahlsplitter, Fig. 1088, liefert C. Bauer in München, Frauenstr. 19, zu 0,45 bis 1,50 Mk. — [5]) „Lieber zehnmal messen, als einmal vergessen", mahnt ein Mechanikerspruch. — [6]) Bezugsquellen sind: Friedrich Dick, Feilenfabrik, Eßlingen; Rich. Peiseler, Feilenfabrik, Berlin SO., Elisabethufer 19; Kotthaus und Busch, Werkzeugfabrik, Remscheid; Meirowitz und Buscher, Feilenfabrik, Solingen; Mummenhoff u. Stegemann, Bochum; H. Wildschütz u. Co., Düsseldorf; J. W. Arntz, Remscheid; A. Mannesmann, Remscheid, u. a. Feilenhefte aus Aluminium liefert Hermann Wacker, Leipzig 59, Neumarkt 16. Feilenhefte aus Papier (Hornilit): F. Richter, Pappspulen- und Hülsenfabrik, Gera, R. j. L., Heinrichsplatz 3; Ernst Herm. Reichel, Berlin SO., Engelufer 1, u. a.

Zur Bearbeitung gewölbter oder vertiefter Flächen sind gebogene sogenannte Riffelfeilen in Gebrauch (Fig. 1079 a).

Man halte die Feilen, welche für Messingarbeiten dienen, streng gesondert von den für Eisen benutzten. Messingfeilen müssen sehr scharf sein. Neue Feilen gebraucht man deshalb gewöhnlich zuerst als Messingfeilen, später, wenn sie etwas stumpf geworden sind, als Eisenfeilen.

Gegenstände, welche noch die harte Gußhaut, Oxydschicht oder Schlackenüberzug und dergleichen besitzen, werden bis zur Entfernung dieser Schichten mit einer alten Feile bearbeitet, da die scharfen Zähne einer neuen hierdurch alsbald abgestumpft würden. Um anhängenden Formsand von Gußteilen zu entfernen, beizt man sie in verdünnter Schwefelsäure.

Zum Reinigen feiner Feilen benutzt man ein etwa 1 cm breites Messingblechstückchen, mit dem man die verstopfende Masse hinausschiebt. Zur Reinigung größerer Feilen dient die Feilenbürste (Fig. 1079) aus dünnerem Stahldraht[1]).

Man gewöhne sich daran, die Feile horizontal zu halten (Fig. 1071). Zum Abfasen, d. h. Anfeilen schräger Flächen, bedient man sich deshalb einer Kluppe mit schrägem Maul, des Reifklobens (Fig. 1080). Soll die befeilte Fläche eben werden, so führt man die Feile abwechselnd schräg nach links und rechts darüber hin, so daß sich die Feilstriche unter nahe rechtem Winkel kreuzen. Man erkennt hierbei leicht, ob die Kreuzung an allen Stellen gleichmäßig stattfindet, d. h. ob die Fläche wirklich eben wird. Ist die Fläche gut abgefeilt, so wird sie abgezogen, d. h. man überfeilt sie so, daß die Feilstriche alle einer Kante parallel werden. Häufig hält man dabei die Feile quer an beiden Enden.

Soll ein Rundeisenstab blank gemacht werden, so befestigt man das eine Ende horizontal in dem Schraubstock, klemmt ihn nun zwischen zwei Flachfeilen, welche in voriger Art mit beiden Händen gefaßt werden, und zieht diese unter häufig wechselnder Neigung wiederholt hin und her.

Soll an einen Draht eine Spitze angefeilt werden, so klemmt man ein Stück Hirnholz (Feilholz) in den Schraubstock, feilt zunächst eine dem Draht entsprechende seichte Kerbe ein, faßt den Draht mit dem Feilkloben und befeilt ihn nun, während man ihn in der Kerbe liegend fortwährend entgegen dem Feilstrich um seine Achse hin und her dreht (Fig. 1072).

Das Feilholz wird zweckmäßig durch ein Kettchen oder eine Schnur dauernd mit dem Schraubstock verbunden, um im Gebrauchsfalle nicht lange suchen zu müssen.

Häufiger gebrauchte Formen von Feilkloben zeigen die Fig. 1082 bis 1087.

Manchmal wird zweckmäßig die Feile durch einen Meißel ersetzt, durch welchen man rasch große Späne entfernen kann[2]).

Ist z. B. eine Nut nicht hinreichend tief, stößt eine Kurbel an einen gußeisernen Ständer an u. s. w., so kann es sich darum handeln, mittels des Meißels

[1]) Grothe (1894) benutzt eine Mischung von 1 Tl. Salpetersäure, 3 Tln. Schwefelsäure und 7 Tln. Wasser, in welche die Feilen 10 Sekunden bis 5 Minuten eingelegt und darauf gründlich abgewaschen werden. Mit Eisenspänen verunreinigte Feilen taucht man vorher in verdünnte Kupfervitriollösung, mit Zinkspänen verunreinigte in verdünnte Schwefelsäure. Mit Aluminium verschmierte Feilen kann man mit Natronlauge reinigen. — [2]) Dabei ist der Gebrauch einer Schutzbrille (Fig. 1088) zu empfehlen. Zu beziehen von Sonnenthal, Berlin.

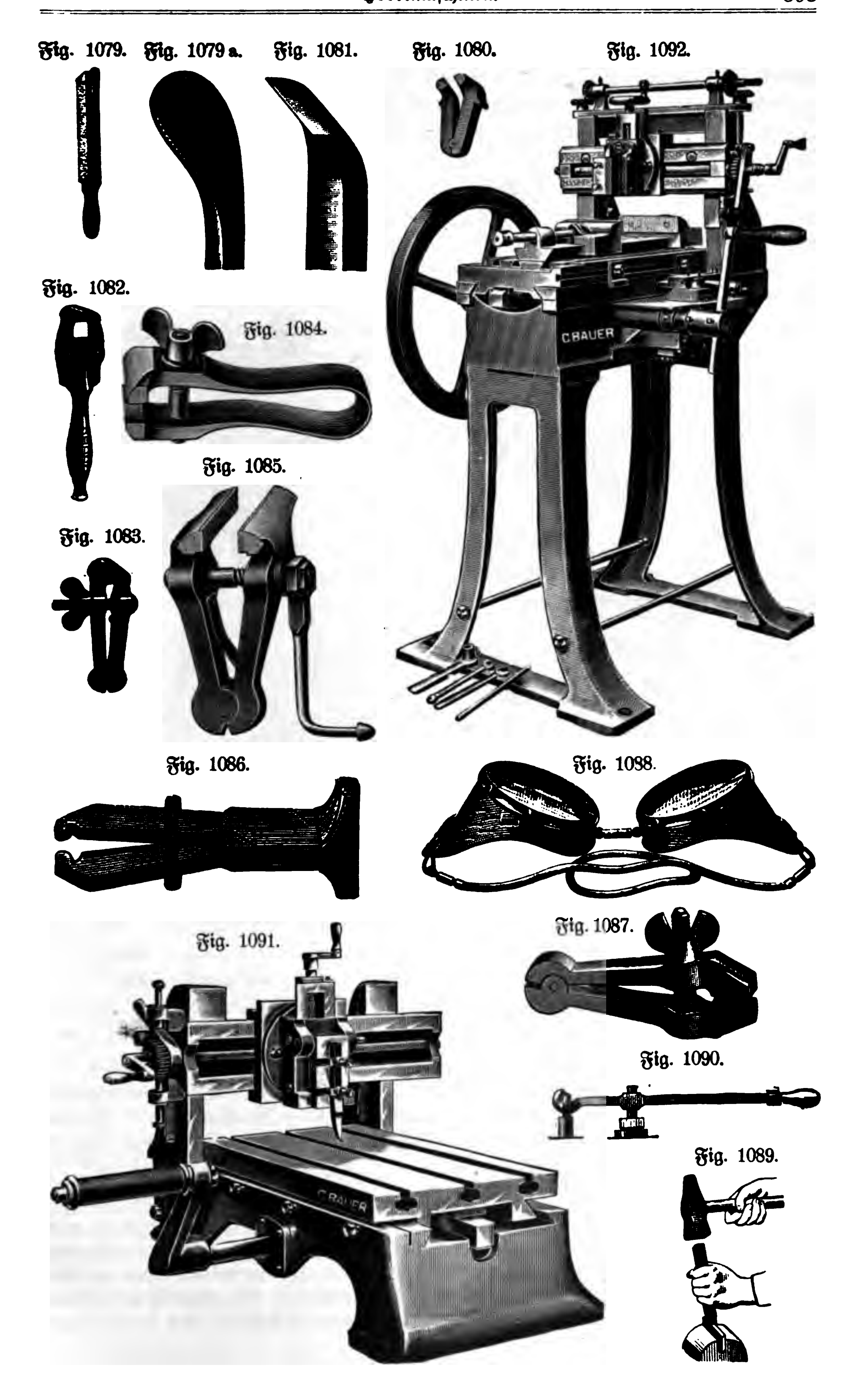


Fig. 1079. Fig. 1079 a. Fig. 1081. Fig. 1080. Fig. 1092. Fig. 1082. Fig. 1084. Fig. 1085. Fig. 1083. Fig. 1086. Fig. 1088. Fig. 1091. Fig. 1087. Fig. 1090. Fig. 1089.

eine passende Vertiefung herzustellen. Man spannt auch in diesem Falle womöglich das Arbeitsstück in den Schraubstock und meißelt nun mit Meißel und Hammer vorsichtig so lange kleine Spänchen ab, bis die gewünschte Tiefe erreicht ist (Fig. 1089).

In anderen Fällen, z. B. zum raschen Glätten einer Fläche, kann ein **Schaber** (Fig. 1090 und 1081) gute Dienste leisten.

Nach gleichem Prinzip wie Meißel und Schaber wirken die **Hobelmaschinen**[1]), von welchen Fig. 1093 eine kleinere, Fig. 1094 eine größere zeigt. Zur Herstellung ebener Flächen und langer Nuten sind sie von großem Nutzen.

Fig. 1093.

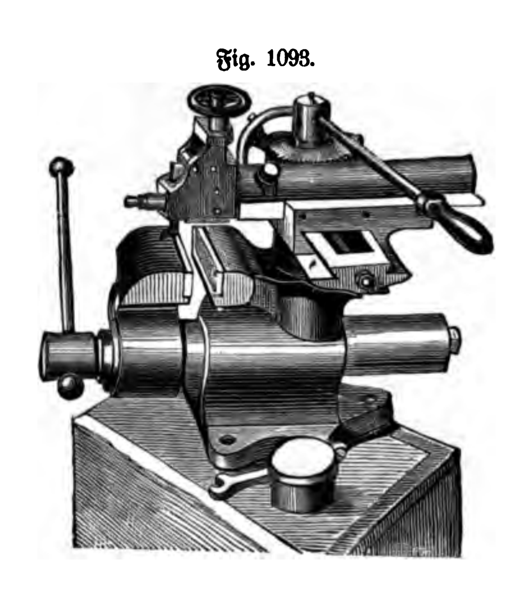


Fig. 1094.

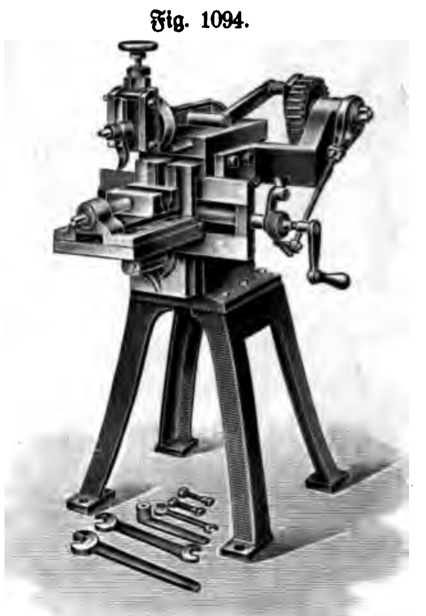


Fig. 1095.

f) Schleifen und Polieren von Metall. Die Oberfläche eines gefeilten Gegenstandes wird schließlich völlig geebnet und geglättet, indem man sie mit Schmirgel oder Karborundum und Öl abreibt. Gewöhnlich benutzt man hierzu **Schmirgelpapier** oder **Schmirgelleinen** und wickelt dieses um eine feine Feile oder klebt es auf ein feilenartig gestaltetes Stück Holz. Die Handhabung einer solchen **Schmirgelfeile** geschieht wie die einer gewöhnlichen. Statt mit Schmirgelpapier überzieht man sie auch mit Leder und bestreicht dieses mit Schmirgel und Öl. Im Handel sind ferner Schmirgelfeilen (Fig. 1095) zu erhalten, welche mit einer dickeren Lage einer Schmirgelkomposition analog derjenigen der Schmirgelschleifsteine bedeckt sind. Für feinere Arbeiten verwendet man glatte Feilen aus weichem Stahl (abgeschliffene und weichgemachte alte Feilen), Zink oder einer Legierung (**Kompositionsfeilen**), auf welche das Schleifpulver mit Öl vermischt aufgestrichen wird.

---

[1]) Zu beziehen von **Sonnenthal**, Berlin; Otto **Asmann**, Brandenburg a. H., u. a. Fig. 1091 zeigt eine kleine Präzisionshobelmaschine, zu beziehen von C. **Bauer** in München, Frauenstr. 19, Preis 285 Mk.; Schraubstock dazu 46 Mk. Eine größere von derselben Firma zu beziehende Hobelmaschine zeigt Fig. 1092, Preis 530 Mk., Hobellänge 330 mm, Breite 330, Höhe 220; eine Fußtrittvorrichtung dazu kostet 10 Mk.

Ebene Platten werden gegenseitig mit Schmirgel und Öl aufeinander abgeschliffen. Um rasch voran zu kommen, benutzt man auch den Schaber. Eine der Platten wird mit Farbe dünn eingerieben und auf der anderen hin und her geschoben. Man bemerkt dann an dem Abreiben der Farbe leicht, wo noch Erhöhungen vorhanden sind und trägt diese mittels des Schabers (Fig. 1081) ab, bis nach wiederholtem Probieren die Ungleichheiten verschwunden sind.

Stets muß man beim Schmirgeln erst gröbere, dann stufenweise feinere Sorten anwenden und erst zu einer feineren Sorte übergehen, wenn die Fläche ein gleichmäßiges Aussehen erlangt hat. Es muß ferner der Gegenstand vor dem Übergehen zu einer feineren Sorte sehr sorgfältig gereinigt werden, da ein vereinzeltes Körnchen der gröberen Sorte unter der feineren sehr störende Risse in der Oberfläche erzeugt. Aus gleichem Grunde müssen auch die Schmirgelfeilen sorgfältig rein gehalten werden.

Der im Handel vorkommende Schmirgel ist nicht immer gehörig sortiert. Man muß ihn in solchem Falle schlämmen. Zu diesem Zwecke rührt man den käuflichen Schmirgel mit etwa zehnmal so viel Wasser tüchtig zusammen, ohne aber das Wasser dabei in kreisförmige Bewegung zu versetzen, und gießt sogleich das Wasser von dem Bodensatze in ein anderes Gefäß ab; aus diesem gießt man es nach etwa 30 bis 60 Sekunden abermals vom Bodensatze ab in ein drittes Gefäß, in welchem man sich entweder den Rest absetzen läßt oder aus dem man nach fünf Minuten nochmals abgießt. Man erhält so drei bis vier verschiedene Sorten Schmirgel, unter deren erster sich aber sehr oft auch Streusand befindet, der betrügerisch dem Schmirgel beigemengt wird; sie werden auf Fließpapier gesammelt, getrocknet und mit der gehörigen Aufschrift versehen aufbewahrt. Die Glasschleifer haben viel sorgfältiger sortierten Schmirgel in 10 bis 15 und noch mehr Abstufungen. Gelegenheit, solchen zu kaufen, muß man benutzen, denn das Feinschleifen gelingt um so rascher, je besser man hierin vorgesehen ist.

Neben dem Schmirgel findet auch vielfache Verwendung das Karborundum, welches erheblich härter ist, sowie Korubin und Diamantin[1]).

Für harten Stahl ersetzt das Schleifen die Arbeit mit der Feile. Für gewöhnliche Zwecke dient dazu der Schleifstein aus Sandstein mit Tretvorrichtung (Fig. 1096). Wirksamer sind Schleifmaschinen mit Schmirgel- oder Karborundumscheibe[2]) (Fig. 1097 und 1098). Sie erfordern indes beträchtliche

[1]) Bezugsquellen sind: Miesner u. Pape, Schmirgelwerk, Lübeck; Kölner Schmirgelwerke W. Schmidt, Köln a. Rh., Pantalonsmühlengasse 50; E. Offenbacher, Stahlschmirgel „Diamantin“, Markt Redwitz (Bayern); F. Menzer, Fabrik von Schmirgelleinen, Karlsruhe i. B. Schmirgelleinen (Baeder Adamson) liefert Wilhelm Eisenführ, Berlin S., 14; Corubin, ein Schleifmittel, welches härter ist als Korund, die Allgemeine Thermitgesellschaft in Essen. Karborundum ist zu beziehen z. B. von Fr. Kreisel, Schleif- und Polier-Artikel, Berlin S., Dresdenerstr. 84. — [2]) Zu beziehen von Sonnenthal, Berlin, zu 132 Mk. Fernere Bezugsquellen: Aktiengesellschaft für Schmirgel- und Maschinenfabrikation, Bockenheim-Frankfurt, Adalbertstr. 61; Julius Pfungst, Naxos-Union, Schmirgeldampfwerk und Schleifmaschinenfabrik, Frankfurt a. M.; Georg Boß u. Co., Naxos-Schmirgelwerk, Deuben (Bezirk Dresden); Mayer u. Schmidt, Schmirgelwerk u. Schleifmaschinenfabrik, Offenbach a. M., Moltkestr. 10. Universal Schleif- und Poliermaschinen „Centrator“ zu Hand-, Fuß- und Kraftbetrieb, und mit Spezialvorrichtung zum Schleifen von Spiralbohrern liefern die Mars-Fahrradwerke, Akt.-Ges., Nürnberg-Doos. Schmirgelscheiben- und Korundabdreher (zu 5 Mk., einschließlich zwei Satz Messerrädchen) und Abdrehdiamanten zu gleichem Zwecke (zu 40 Mk.) liefert Sonnenthal, Berlin.

Tourenzahl, so daß das Benetzen infolge der Zentrifugalkraft schwieriger wird und sich die Gegenstände leicht erhitzen und ihre Härte verlieren. Auch ist eine Explosion der Scheiben bei hoher Tourenzahl nicht ausgeschlossen.

Ein gewöhnlicher Schleifstein muß mindestens 30 cm Durchmesser haben[1]), hart, feinkörnig und von gleichmäßiger weißer Farbe sein[2]). Während des Schleifens läßt man aus einem höherstehenden Gefäß oder der Wasserleitung tropfenweise Wasser auf den Schleifstein herunterrinnen. Das zu schleifende Werkzeug hält man in unveränderlicher Richtung fest auf eine tunlichst nahe an den Stein gedrückte

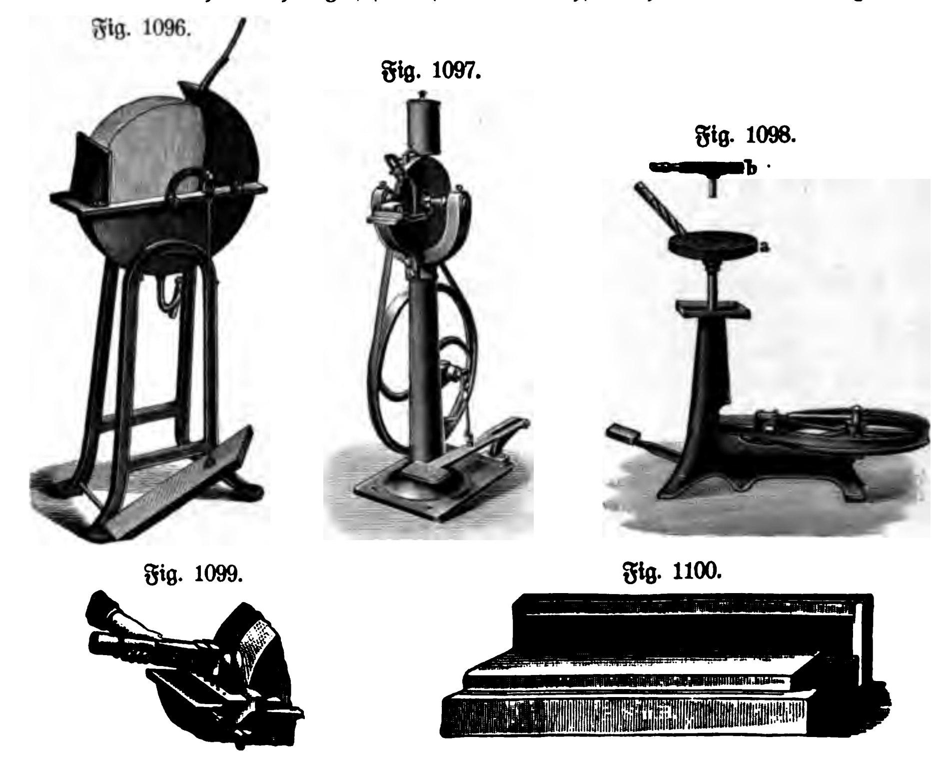


Fig. 1096. Fig. 1097. Fig. 1098. Fig. 1099. Fig. 1100.

Vorlage (Fig. 1096) und schiebt es fortwährend hin und her, damit sich der Stein gleichmäßig abnutze und eher konvex als konkav werde.

Ein Schleifstein, der durch unachtsames Schleifen konkav geworden ist, tiefe Rillen enthält, oder (namentlich infolge von Stehenlassen im Wasser und Schleifen ohne Vorlage) an einer Stelle stärker abgearbeitet, also unrund ist, kann nicht dazu dienen, eine ordentliche saubere Schneide anzuschleifen. Sollte also trotz aller Vorsicht eine solche Ungleichförmigkeit entstanden sein, so dreht man den Stein durch Anhalten einer alten Dreikantfeile ab, nachdem man ihn vorher vollkommen hatte trocknen lassen[3]).

---

[1]) Mit einem kleinen Schleifstein zum Drehen mit der Hand, wie man ihn häufig zum Messerschleifen benutzt, läßt sich nicht viel anfangen. — [2]) Bezugsquellen sind: O. A. Weber, Schleifsteinfabrik, Schweinfurt; Huchtemeier und Kraus, Schleifsteinfabrik, Zeil a. M.; F. W. Ziegler, Leipzig; E. Kühn, Schleifsteinfabrik, Lehesten in Thüringen; H. Schlüter u. Co., Mühlsteinfabrik, Magdeburg-Neustadt. — [3]) Einen Handschleifsteinabrichter, nach Fig. 1099, liefert Sonnenthal, Berlin, zu 20 Mk.

Zweckmäßig erhält der Schleifsteinkasten einen Abfluß, damit der Stein nie dauernd im Wasser steht, doch muß derselbe recht weit sein und tunlichst senkrecht abfallen, damit er sich nicht durch den Schleifschlamm verstopft. Im allgemeinen läßt man den Stein so rotieren, daß er sich, von oben gesehen, von dem Arbeitenden wegbewegt. Sobald aber der Schliff nahezu beendet, kehrt man die Drehrichtung um, da sich andernfalls an der Schneide ein sogenannter Faden oder Grat ansetzt, der sie unbrauchbar macht. Man darf hierbei das Arbeitsstück nur schwach andrücken, muß es aber sehr fest gegen die Vorlage halten, da es sich leicht fängt und dadurch Anlaß zu schweren Verletzungen geben kann, namentlich wenn die Vorlage nicht nahe genug beim Stein ist.

Ist der Schliff beendet, so zieht man die Schneide auf einem guten Ölstein (Fig. 1100), den man zunächst sorgfältig gereinigt und dann neu mit einer Schicht Öl versehen hat, ab. Auch hier muß man darauf bedacht sein, das Entstehen eines Fadens zu vermeiden. Sehr scharfe messerartige Schneiden zieht man zweckmäßig zum Schluß nochmals von beiden Seiten in relativ steiler Richtung über den Ölstein, so daß die Kante der sehr wenig gegeneinander geneigten Flächen der Klinge durch zwei mikroskopische stärker gegeneinander geneigte, dem unbewaffneten Auge nicht sichtbare Flächen zugeschärft wird. Es wird dadurch allzu große Schärfe vermieden, welche nur schadet, denn „Allzu scharf macht schartig“ [1]).

In ähnlicher Weise wie das Schleifen findet das Polieren statt. Der Unterschied besteht hauptsächlich darin, daß die Körnchen des Pulvers verhindert werden zu rollen und dadurch eine körnige Beschaffenheit der Oberfläche zu erzeugen, indem man sie irgendwie befestigt, so daß sie als winzige Schaber wirken. Das einfachste Poliermittel (besonders für Messing) ist Schmirgelpapier feinster Sorte. Häufiger aber werden Holz-, Leder- oder Zinkfeilen, wie sie schon beim Schleifen erwähnt wurden, verwendet. Die Zähnchen werden hier durch sehr fein geschlämmte Pulver ersetzt, welche, mit Öl oder Weingeist benetzt, auf die Fläche aufgetragen werden. Für Körper, welche mit Vertiefungen versehen sind, behilft man sich mit Leder- oder Filzbäuschchen an Stelle der Feilen oder auch mit Bürsten.

Das beste Polierpulver ist Eisenoxyd, künstlich hergestellt und fein geschlämmt. Es ist im Handel unter sehr verschiedenen Benennungen und in verschiedener Güte zu erhalten (Polierrot, Krokus, Englischrot, Pariserrot, Caput mortuum, Kolkothar u. s. w.). Je dunkler die Farbe, um so härter ist es. Die hellroten, weichen Sorten eignen sich besonders für weiche Metalle, die braunroten, ins Violette spielenden harten hauptsächlich für Stahl. Messing erhält dadurch eine sehr vollkommene gelbe Politur, Stahl sehr schönen schwarzen Glanz. Für glasharten Stahl wird mit Vorteil statt des Polierrots auch fein geschlämmte Zinnasche gebraucht [2]).

Ein zweites viel gebrauchtes Poliermittel ist der Wienerkalk (Ätzkalk), der besonders auf Messing, mit Ölsäure oder Stearinöl vermischt auf Filz aufgetragen, sehr rasch Politur erzeugt. Mit Kalk polierte Gegenstände haben aber im Vergleich mit den mit Rot polierten ein wenig vorteilhaftes bleiches Aussehen, außerdem ist

[1]) Abziehsteine aller Art liefert L. Trinks, Sonneberg. Meist werden sogenannte Arkansas- oder Mississippi-Steine benutzt. India-Ölsteine, aus Karborundum hergestellt, sind zu beziehen von Schuchardt u. Schütte, Berlin C., Spandauerstr. 59. Die mittlere Körnung ist die empfehlenswerteste. — [2]) Rotpapier und feste Poliermasse zum Bestreichen von Polierscheiben liefert C. Bauer, München.

es nötig, den Kalk vollkommen gegen Luftzutritt geschützt aufzubewahren, da er rasch Feuchtigkeit und Kohlensäure anzieht und dadurch unbrauchbar wird[1]).

Man erhält übrigens die Polierpulver auch bereits mit dem nötigen Fett vermischt als sogenannte Metallputzpomade[2]) im Handel (Vgl. S. 321).

Beim Polieren von Aluminium feuchtet man das Schmirgelpapier mit Petroleum an. Der gebildete Schlamm muß fortwährend mit einem Lappen sauber entfernt werden.

Weitaus rascher und vollkommener als von Hand ist das Polieren mittels der Poliermaschinen zu bewirken, bei welchen eine am Umfang mit Leder überzogene Polierscheibe (Fig. 1101) in rasche Umdrehung gesetzt wird [Fig. 1102 und 1103][3]).

Die feinste Politur wird durch eine sogenannte Lappenscheibe[4]) oder Schwabbel (Fig. 1104) erzeugt. Sie besteht aus runden Tuchlappen, welche zum Feinschleifen mit Schmirgel und Öl oder Unschlitt, zum Polieren mit Wienerkalk eingerieben werden. Die Schwabbel muß mit möglichst großer Tourenzahl umlaufen.

Um unrunde Gegenstände zu schleifen oder zu polieren, drückt man sie gegen einen Schleif- bezw. Polierriemen, welcher wie ein Transmissionsriemen über zwei Riemscheiben gelegt, aber mit Schleif- bezw. Polierpulvern beleimt ist [Fig. 1105][5]).

Ein weiteres Mittel, um Flächen, namentlich gegossener oder galvanoplastisch hergestellter Gegenstände glänzend zu machen, sind die Kratzbürsten. Es sind dies pinselförmige Drahtbüschel, die man sich leicht selbst herstellen kann, oder auch eigentliche Bürsten. Pinselförmige Kratzbürsten aus sehr feinen Glasfäden (Fig. 1106) werden besonders verwendet, um Silbergegenständen einen matten Glanz zu verleihen. Rotierende Drahtkratzbürsten (Fig. 1107) werden namentlich zum Polieren galvanisch versilberter Gegenstände gebraucht.

Anstatt eine Fläche durch Abschaben der Rauhigkeiten zu polieren, kann man sie auch durch Niederdrücken derselben mittels des Polierstahls glätten, wobei natürlich das Fressen durch Einölen des Stahls verhindert werden muß. Statt des Poliersteins wird auch der Blutstein (Hämatit) gebraucht[6]) (Fig. 1109) und statt Öl Seifenwasser (von Venetianerseife). Sobald der Stahl Spuren von Mattwerden zeigt, muß er auf einem Weichholzbrett mit Wienerkalk und Spiritus wieder aufpoliert werden. Blutstein wird aufpoliert mit trockener Zinnasche auf einem mit Juchtenleder bezogenen Weichholzbrett.

Für Nickel, Eisen und dergleichen härtere Metalle eignet sich der Polierstahl nicht, er findet fast nur Anwendung für galvanisch mit Gold, Silber, Kupfer u. s. w. überzogene Gegenstände.

---

[1]) Bezugsquellen sind: Fried. Kreisel jun., Schleif- und Polierartikel, Berlin S., Dresdenerstr. 84; Gründig und Horeld, Putz- und Polierstofffabrik, Chemnitz i. S., Lessingstr. 8, u. a. — [2]) Verschiedene Rezepte zur Bereitung derselben findet man im Taschenbuch für Präzisionsmechaniker 2, 358, 1902 und Deutsche Mechanikerzeitung 1901, S. 86. — [3]) Eine Poliermaschine für Fußbetrieb mit Kugellagern nach Fig. 1102 liefert Wilh. Pfanhauser, Berlin SW., Alte Jakobstr. 5, zu 125 Mk. Fig. 1103 stellt einen als Poliermaschine ausgeführten Elektromotor dar. (Zu beziehen von Sonnenthal, Berlin, zu 175 bis 440 Mk.) — [4]) Zu beziehen von Pfanhauser, Berlin und W. Eick, Bielefeld. — [5]) Zu beziehen von Sonnenthal, Berlin, zu 660 Mk. — [6]) Zu beziehen von Pfanhauser, Berlin SW., Alte Jakobstr. 5.

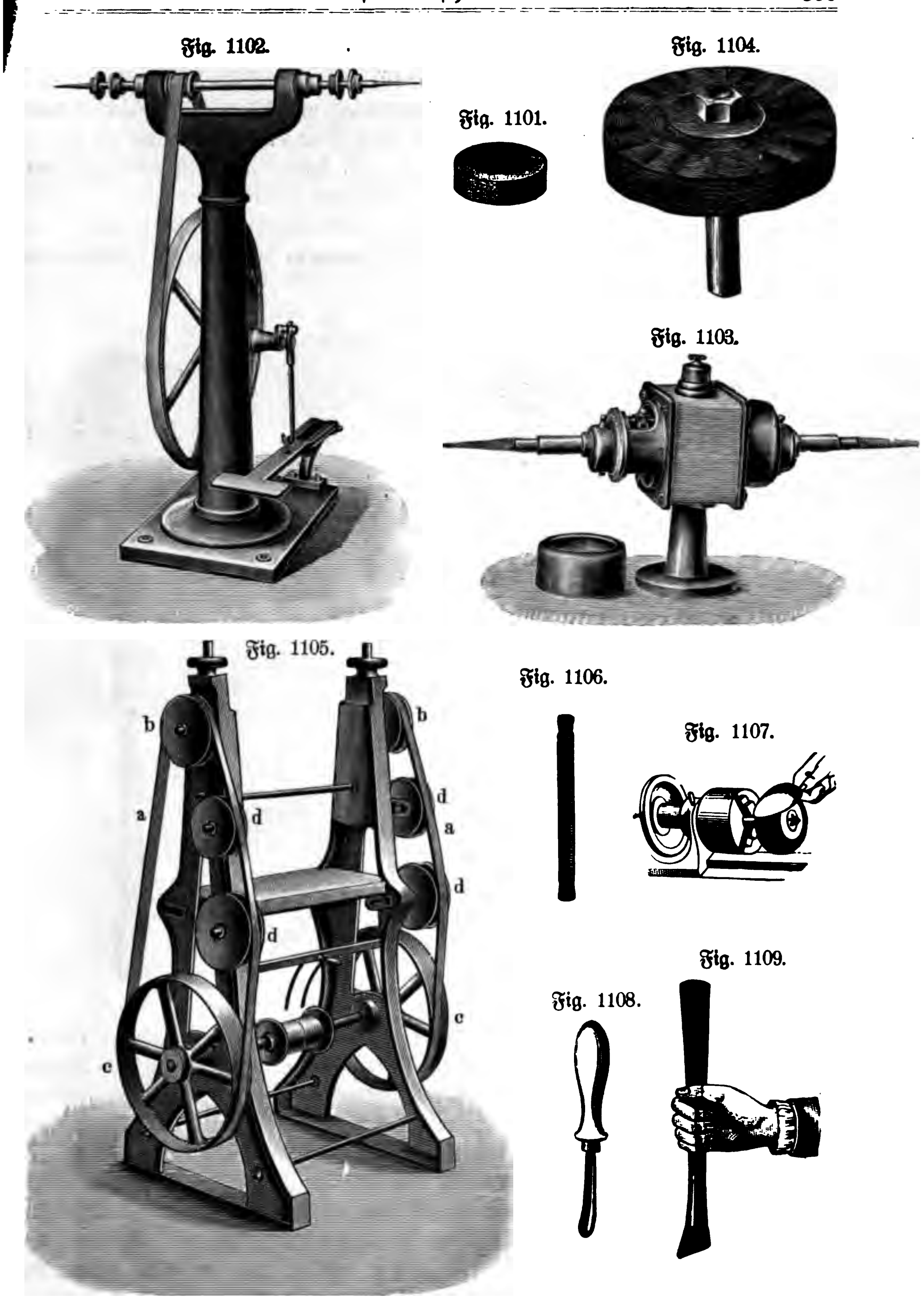


Fig. 1101. Fig. 1102. Fig. 1103. Fig. 1104. Fig. 1105. Fig. 1106. Fig. 1107. Fig. 1108. Fig. 1109.

Zuweilen gebraucht man mit Vorteil statt des Polierstahls eine Polierfeile. Eine solche ist im Prinzip ebenso gearbeitet wie eine gewöhnliche feine Feile, nur sind die Zähne sehr stumpf und nicht scharfkantig, sondern gerundet und poliert.

g) Das Löcherbohren. In dünnes Blech oder Bandeisen können kleine Löcher mittels eines Durchschlags (Fig. 1110) auf einer Hirnholz- oder Bleiunterlage eingeschlagen werden; in dickeres Blech und dünnes Flacheisen mittels der Lochstanze (Fig. 1111). Bei dünnem Blech kann man auch, wenn die Löcher keine glatte Ränder zu haben brauchen, wie z. B. beim Aufnageln auf Holz, dieselben einfach mit einer starken Ahle (mit Anschlag) einstechen.

In dickere Metallstücke lassen sich kleine Löcher mittels der Bohrrolle mit Fiedelbogen (Fig. 1112 und 1113) einbohren, nachdem zuvor, um der Bohrerspitze

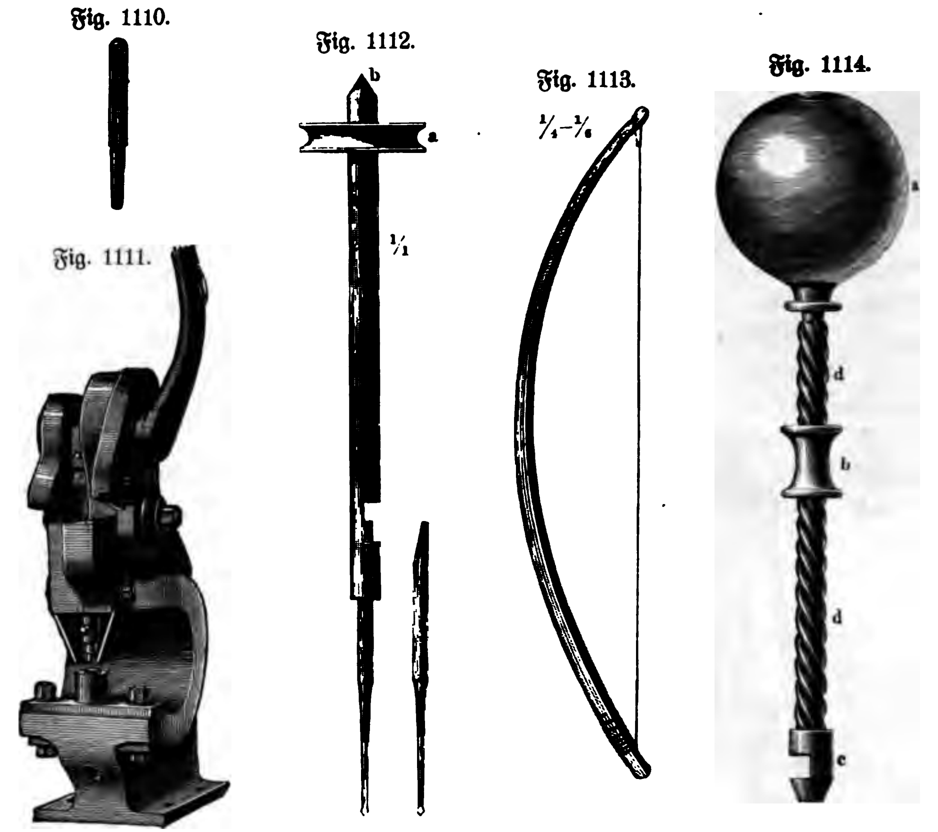


Fig. 1110. Fig. 1111. Fig. 1112. Fig. 1113. Fig. 1114.

einen Halt zu geben, mittels des Körners ein Körnerpunkt eingeschlagen wurde. Bei Benutzung für sehr kleine Löcher stützt man die Spitze *b* gegen ein in den Schraubstock gespanntes angekörntes Messingstück, drückt mit der linken Hand das zu bohrende Stück gegen den Bohrer und führt mit der rechten den Drehbogen, Fig. 1112 (Fischbein mit Saite, welche einmal um die Rolle *a* herumgeschlungen wird), auf und nieder, ohne zu drücken. In den Backen der kleinen Schraubstöcke sind meist schon Löcher für die Spitze *b*, so daß man das Messingblech entbehren kann. Da der Druck hauptsächlich mit dem Daumen ausgeübt wird, so muß man hinter das Bohrstück ein Stückchen Brett legen, damit man sich nicht verwunde, wenn der Bohrer durchgeht. Der Bohrer bricht dabei auch weniger ab, als wenn er frei durchfallen kann.

Bei Herstellung größerer Löcher stützt man die Spitze der Achse gegen ein sogenanntes Brustblech (Fig. 1115) und spannt das Metallstück in den Schraubstock.

Bei der Bohrrolle Fig. 1116 ist das Brustblech dauernd mit der Achse vereinigt. Bei der Konstruktion Fig. 1117 ist auf die Achse ein Schwungrad aufgesetzt und die Drehung erfolgt durch Abziehen einer Schnur wie bei einem Kreisel oder Joujou.

Bei dem Spindel- oder Drillbohrer (Fig. 1114) findet die Drehung dadurch statt, daß man die Mutter *b* längs der steilen, mehrgängigen Schraube *d d* hinführt, welche am einen Ende in dem Knopfe *a* in einer Pfanne endigt, am anderen ebenso wie die Bohrwelle mit einem achsial eingebohrten Loche versehen ist, in welches der Bohrer gerade einpaßt. Dieser ist am Ende, wie die neben der

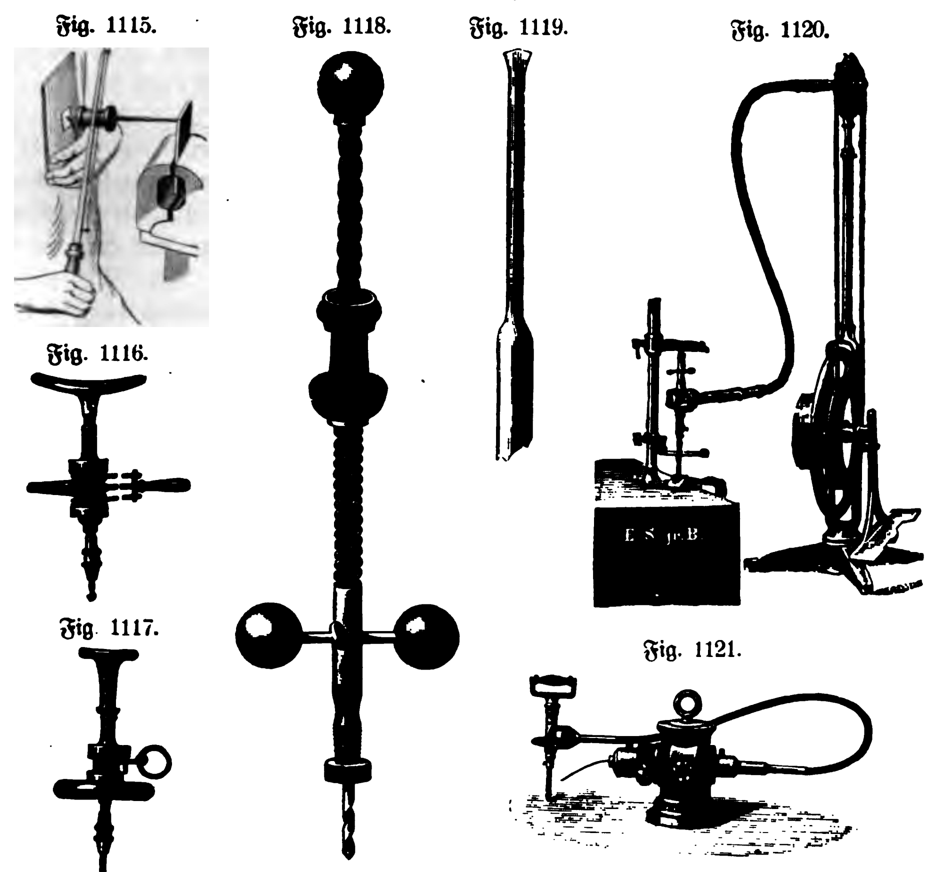


Fig. 1115. Fig. 1116. Fig. 1117. Fig. 1118. Fig. 1119. Fig. 1120. Fig. 1121.

Bohrwelle (Fig. 1112) stehende Einzelfigur zeigt, am Ende schief abgefeilt und entsprechend ist am Ende der Bohrwelle und des Drillbohrers ein Einschnitt eingefeilt, so daß beim Einstecken des Bohrers die schiefe Spitze desselben in diesen Einschnitt hineinragt. So wird bewirkt, daß er der Drehung der Bohrwelle folgen muß [1]).

In nicht zu dicke Bleche kann man mit der Bohrwelle auch größere Öffnungen einarbeiten bezw. Stücke abschneiden, indem man zunächst die herzustellende Figur vorzeichnet, dann mit dem Körner in gleichen kleinen Abständen Punkte einschlägt und nun an allen punktierten Stellen Löcher durchbohrt. Mittels eines kleinen

[1]) Drillbohrer nach Fig. 1118 liefern Böffinger u. Schäfer, Frankfurt a. M., zu 1,5 bis 4 Mk.

Kreuzmeißels lassen sich dann leicht die zwischen den einzelnen Löchern noch stehengebliebenen Wände durchmeißeln, worauf schließlich die gebildeten Zacken mit Hilfe der Feile entfernt werden.

Die kleinen Bohrer für die Bohrwelle (Fig. 1119) werden aus Silberstahl hergestellt und erhalten eine von beiden Seiten zugeschärfte Spitze, damit sie sowohl beim Vorwärts- wie beim Rückwärtsdrehen schneiden.

Weitaus bequemer als Bohrwelle und Drillbohrer sind die Bohrmaschinen mit biegsamer Welle [Fig. 1120 und 1121, erstere mit Tretvorrichtung, letztere mit elektrischem Antrieb] [1]).

Da bei Verwendung solcher Maschinen die Drehungsrichtung gleich [illegible], werden einseitig schneidende Bohrer verwendet, am besten amerikanische Spi[illegible]bohrer (Fig. 1123).

Größere Bohrer werden aus rundem oder vierkantigem Stahl gemacht, den man vorn breiter schmiedet, wobei ein wiederholtes Abhämmern mit schwachen Hammerschlägen und in schwach rotwarmem Zustande des Stahles die Schneide besonders zähe macht. Sie werden auf jeder Seite der Spitze nur von einer Seite her unter einem Winkel von 70 bis 90° zugeschärft, wie Fig. 1124 zeigt, und erhalten also eigentlich keine Spitze, sondern statt derselben eine schiefe Kante; darum muß man für dieselben entweder mit der Kernspitze oder mittels eines kleinen Bohrers einen tieferen Anfang vorbereiten, wenn sie richtig am verlangten Punkte eingreifen sollen. Bohrer, welche größer sind als Fig. 1124, erhalten meist die Form von Fig. 1125; ihre Schneide ist gerade und sie haben in der Mitte eine kurze vierkantige scharfe Spitze. Solche Bohrer sind besonders da notwendig, wo eine Öffnung nicht durchgebohrt, sondern nur seicht ausgefräst werden soll.

Zum Umdrehen benutzt man entweder eine Handkurbel mit Bohrbügel (Fig. 1126) oder besser die Bohrknarre (Fig. 1127), am besten aber richtige Bohrmaschinen [2]), wie Fig. 1128 und 1129.

Beim Bohren auf der Bohrmaschine wird das zu bohrende Stück in den Schraubstock der Bohrmaschine eingespannt oder auf ein in diesen eingespanntes Holzstück aufgelegt.

Sollen tiefe Löcher gebohrt werden, so sind die (amerikanischen) Spiralbohrer allen anderen vorzuziehen. Sie sind aber, da man sie sich nicht selbst herstellen kann, erheblich teurer [3]).

Beschränkt man sich auf die Anschaffung weniger Bohrer, so ist darauf zu achten, daß sie hinsichtlich der Dimensionen zu den angeschafften Gewindebohrern passen. Letztere werden so gewählt, so wie sie zur Herstellung von Klemmschrauben

---

[1]) Zu beziehen von Sonnenthal, Berlin, erstere zu 145 bis 315 Mk., letztere zu 100 bis 400 Mk. Kleine Bohrmaschinen mit elektrischem Antrieb liefern auch G. und E. Fein, Elektrotechnische Fabrik, Stuttgart; Siemens-Schuckertwerke, Berlin (Fig. 1122); Elektrizitätsgesellschaft Hansa, Hamburg, Kaiser-Wilhelmstr. 76. — [2]) Schnellbohrmaschinen mit Friktionsbetrieb für Löcher von 1 bis 10 mm liefert E. Sonnenthal, Berlin, für Fuß- und Kraftbetrieb zu 240 Mk. — [3]) Original-Morsespiralbohrer liefern Schuchardt und Schütte, Berlin. Beim Schleifen von Spiralbohrern muß sorgfältig der richtige Winkel von 118° (Fig. 1130) eingehalten werden, ferner müssen beide Schneiden unbedingt gleich lang sein, da der Bohrer sonst ein zu großes Loch erzeugt. Zur Kontrolle dient die Schleifleere Fig. 1130, zu beziehen von E. Bauer in München, Frauenstr. 19, zu 1,5 Mk.

der Gasgewinden am geeignetsten erscheinen u. s. f. Gußeisen wird beinahe immer, Messing meistens trocken gebohrt; Schmiedeeisen und Kupfer dagegen unter reich-

Fig. 1122.

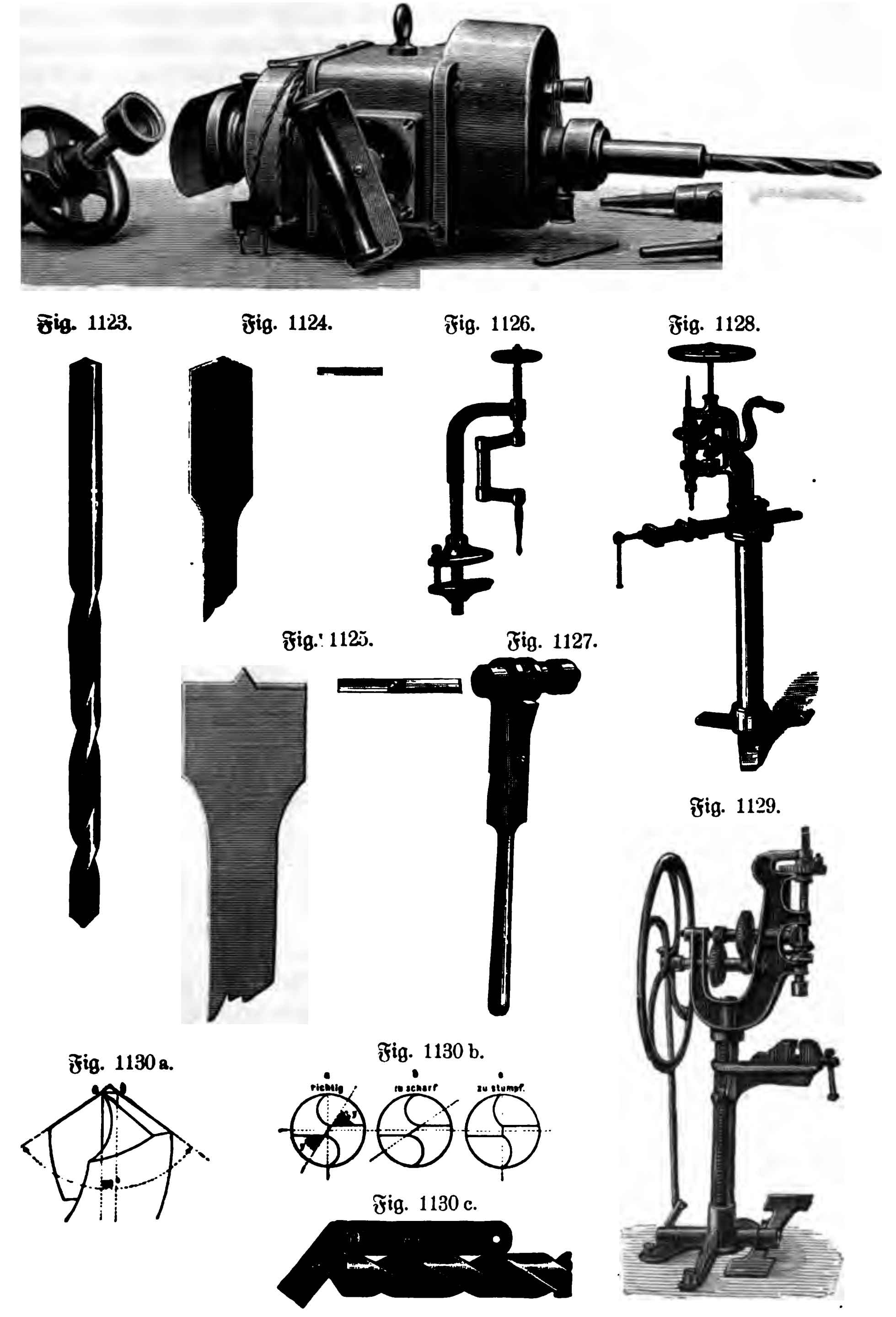
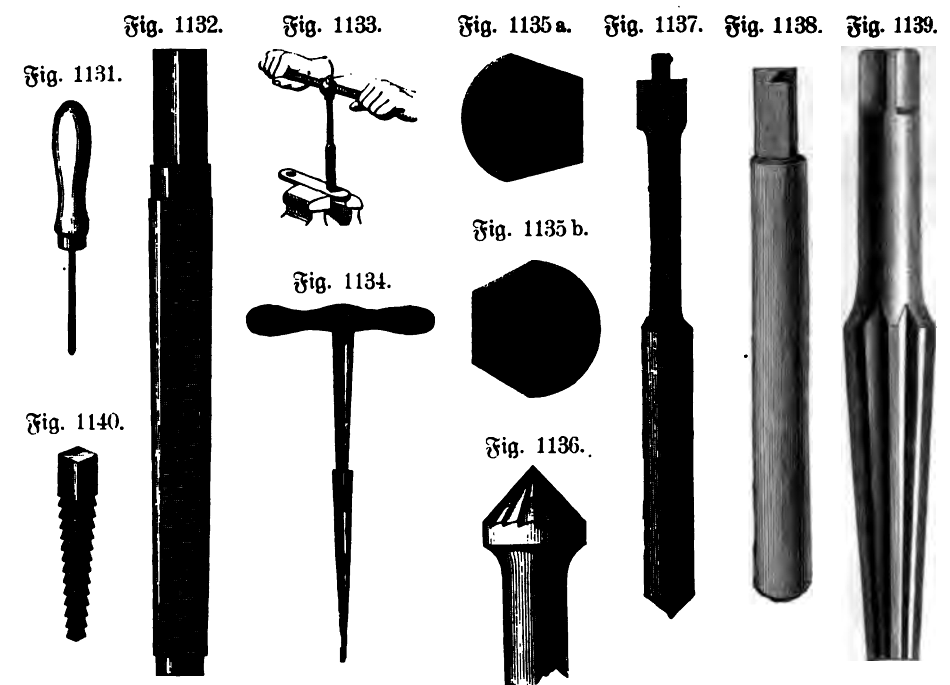


Fig. 1123. Fig. 1124. Fig. 1125. Fig. 1126. Fig. 1127. Fig. 1128. Fig. 1129. Fig. 1130 a. Fig. 1130 b. Fig. 1130 c.

licher Befeuchtung mit Öl [1]) oder Seifenwasser. **Fleißiges Ausleeren der Bohrspäne** fördert immer die Arbeit.

Reibahlen. Nicht immer kann man ein Loch genau in der erforderlichen Weite bohren und sehr oft muß ein vorhandenes Loch ein wenig erweitert werden; hierzu dienen die Reibahlen, pyramidale Stahlstifte von fünfseitigem Querschnitt. Von jeder Feinheit bis zu etwa 5 mm Durchmesser erhält man dieselben bei den Händlern mit Uhrmacherwerkzeug. Die dünneren (Fig. 1131) bis zu 5 mm haben 1 bis 2, die dickeren 3 bis 4 Proz. Anzug. Die letzteren sind nicht immer fertig zu haben und man kann deshalb genötigt sein, sie selbst zu machen. Man dreht hierzu ein Stück Rundstahl konisch zu und behandelt es zuletzt auf der Drehbank mit der Schlichtfeile und Öl; an beiden Enden dreht man es auf den Durch-


Fig. 1131. Fig. 1132. Fig. 1133. Fig. 1134. Fig. 1135 a. Fig. 1135 b. Fig. 1136. Fig. 1137. Fig. 1138. Fig. 1139. Fig. 1140.

messer des in das Vieleck beschriebenen Kreises ab und feilt dann die Flächen an, welche zuletzt der Länge nach mit der Schlichtfeile und Öl abgezogen werden. Nach dem Härten läßt man sie hafergelb an. Am dickeren Ende erhalten sie einen viereckigen Zapfen, Fig. 1132, um sie mit dem Feilkloben oder Wendeisen (Fig. 1133) fassen zu können, dieser wird blau angelassen. Die dünneren sind zuweilen mit einem eisernen Griff versehen (Fig. 1134).

Da die Löcher besonders bei Blech gern unrund werden, so feilt man oft bei den dickeren nur drei Flächen an und läßt den Rest rund, Fig. 1135 a und 1135 b.

Sollen die Löcher zur Aufnahme flacher Schraubenköpfe am Ende etwas vertieft (versenkt) werden, so bedient man sich hierzu des Versenkbohrers (Fig. 1136), den man ebenso wie einen Zentrumbohrer in die Bohrwinde einspannen kann.

---

[1]) **Ein in Wasser lösliches Bohröl (Trololyne) zum Bohren, Drehen, Gewindeschneiden u. s. w. ist zu beziehen von F. E. Kulack, Berlin O., 17. Es genügt eine Auflösung von 2 bis 3 Proz. in Wasser.**

Flachsenker (für cylindrische Schraubenköpfe) sind Bohrer mit cylindrischem Führungszapfen in der Mitte (Fig. 1137). Der letztere muß in das zu versenkende Loch einpassen. Ist die Versenkung begonnen, so kann man sie mittels eines Bohrers ohne Zapfen (Fig. 1138) bis auf den Grund treiben.

Zur Herstellung konischer Bohrungen, z. B. für Hahnzapfen, dienen konische Reibahlen (Fig. 1139).

Soll ein viereckiges Loch hergestellt werden, so bohrt man zunächst ein rundes und treibt dann einen vierkantigen gezahnten Dorn ein, wie ihn Fig. 1140 zeigt.

Bohrer und Reibahlen werden, etwa von 0,1 zu 0,1 mm steigend, nach der Dicke in Löchern auf einem Holzklotz vertikal angeordnet und der Durchmesser jeweils auf dem Holz daneben vermerkt.

Fig. 1141.



Der beste Schnittwinkel für Spiralbohrer ist ungefähr 59°. Richtiges Schleifen ist sehr wesentlich. Zweckmäßig benutzt man dazu eine Schleifmaschine mit elektrischem Antrieb[1]) (Fig. 1141).



Fig. 1142. Fig. 1143. Fig. 1144. Fig. 1145. Fig. 1146. Fig. 1147. Fig. 1148.

h) Geraderichten und Biegen. Einer der einfachsten Fälle der Beschädigung eines Apparates ist der, daß sich ein Teil infolge von Überanstrengung, infolge eines Stoßes, einer Klemmung durch einen zufällig hineingeratenen kleinen fremden Körper u. s. w. verbiegt. So kann z. B. ein aus Draht gebildeter Haken (Fig. 1142) aufgerissen, ein dünnes Stäbchen oder ein Blech krumm gebogen werden. Der Schaden ist leicht repariert mit Hilfe einer Drahtzange, einer Rund- oder Flachzange.

Von diesen hat man neben normalen (Fig. 1143 und 1144) solche mit breitem und mit langem, schmalem Maul (Fig. 1145 bezw. 1146), außerdem die

[1]) Zu beziehen von Sonnenthal, Berlin.

Parallelflachzange (Fig. 1147). Zum Geraderichten sehr dünner Drähte genügt das Anziehen des am einen Ende befestigten Drahtes bis nahe zur Bruchgrenze mittels eines Feilklobens. Soll der Draht nicht steif werden, so macht man ihn gleichzeitig durch Durchleiten eines elektrischen Stromes oder durch Bestreichen mit einer Gasflamme glühend. Soll umgekehrt der Draht sehr hart werden, so befestigt man das eine Ende im Schraubstock, klemmt nun den Draht zwischen zwei Stäbe aus hartem Holz und zieht dieselben wiederholt dem Draht entlang.

Eine verbogene lange dünne Schraube legt man auf ein in den Schraubstock eingespanntes Stück Hirnholz und überhämmert sie unter gleichzeitigem Drehen so lange mit dem Holzhammer (Fig. 1148), bis sie hinreichend gerade geworden ist.

Um dünnen Draht in scharfem Winkel zu biegen, biegt man erst einen Schenkel mit der Flachzange um, wobei sich der andere etwas krümmt. Nun faßt man diesen mit der Zange und drückt ihn wieder gerade. Dicke Drähte werden mittels des Holzhammers im Schraubstock umgebogen.

Fig. 1149.

Dicker Eisendraht läßt sich im glühenden Zustande sehr leicht von Hand biegen. Man spannt das eine Ende in einen Feilkloben und faßt das andere, nachdem man es (im Gasgebläse) zum Glühen erhitzt hat, mit der Flach- oder Rundzange, je nachdem man scharfe oder runde Biegungen herstellen will.

Messingdraht kann im glühenden Zustande nicht gebogen werden. Auch im harten Zustande springt er leicht, man glüht ihn deshalb zuvor und löscht rasch im Wasser ab, wodurch er weich wird.

Das Biegen größerer Ringe kann auf dem Amboßhorn geschehen oder einem sogenannten Ringrichthorn[1]) (Fig. 1149). Das endgültige Richten geschieht nach dem Verlöten der Enden.

Fingerdicke Eisenstäbe können im kalten Zustande gebogen werden, wenn das eine Ende in den Schraubstock eingespannt und das andere mit den Händen gefaßt und in der gewünschten Richtung gedrückt wird. Dickere Stäbe müssen erst glühend gemacht werden, wobei aber, falls man Steinkohlenfeuer verwendet, darauf zu achten ist, daß das Eisen nur rotglühend, nicht weißglühend wird, da es sich dann stark oxydiert und abbrennt.

Sehr leicht lassen sich dünne Bleiröhren von Hand biegen. In weitere (ein- bis zweizöllige) schiebt man, um das Einwirken zu verhindern, eine Stahldrahtspirale[2]), welche nach Fertigstellung der Krümmung wieder herausgedreht wird.

Enge Messing- und Kupferröhren lassen sich bis zu gewissem Grade ähnlich wie Bleiröhren einfach mit freier Hand biegen, man muß indes zuerst den Innenraum mit geschmolzenem Kolophonium oder Blei füllen. Nach dem Biegen wird die Füllung wieder ausgeschmolzen.

Eisenröhren springen beim Biegen in kaltem Zustande leicht auf und erfordern viel Kraft. Macht man sie aber an der betreffenden Stelle glühend, so erfolgt das Biegen ebenso leicht wie bei Bleiröhren. Weitere Eisenröhren werden zweckmäßig mit Sand gefüllt, um ein Einknicken zu verhüten.

---

[1]) Zu beziehen von Sonnenthal, Berlin, zu 28 bis 34 Mk. — [2]) Zu beziehen von Hommel in Mainz.

Für kompliziertere Formen, welche in mehreren Exemplaren hergestellt werden sollen, stellt man sich *Schablonen* her durch Einschlagen genügend starker Stifte in ein Brett, um welche dann der Draht oder die Röhre herumgebogen wird.

Beim Biegen einer *Platte* im kalten Zustande beachte man die Richtung der Fasern. Biegt man um eine Kante parallel zu den Fasern, so bricht dieselbe leicht durch; dagegen nicht, wenn die Biegung senkrecht zu den Fasern erfolgt.

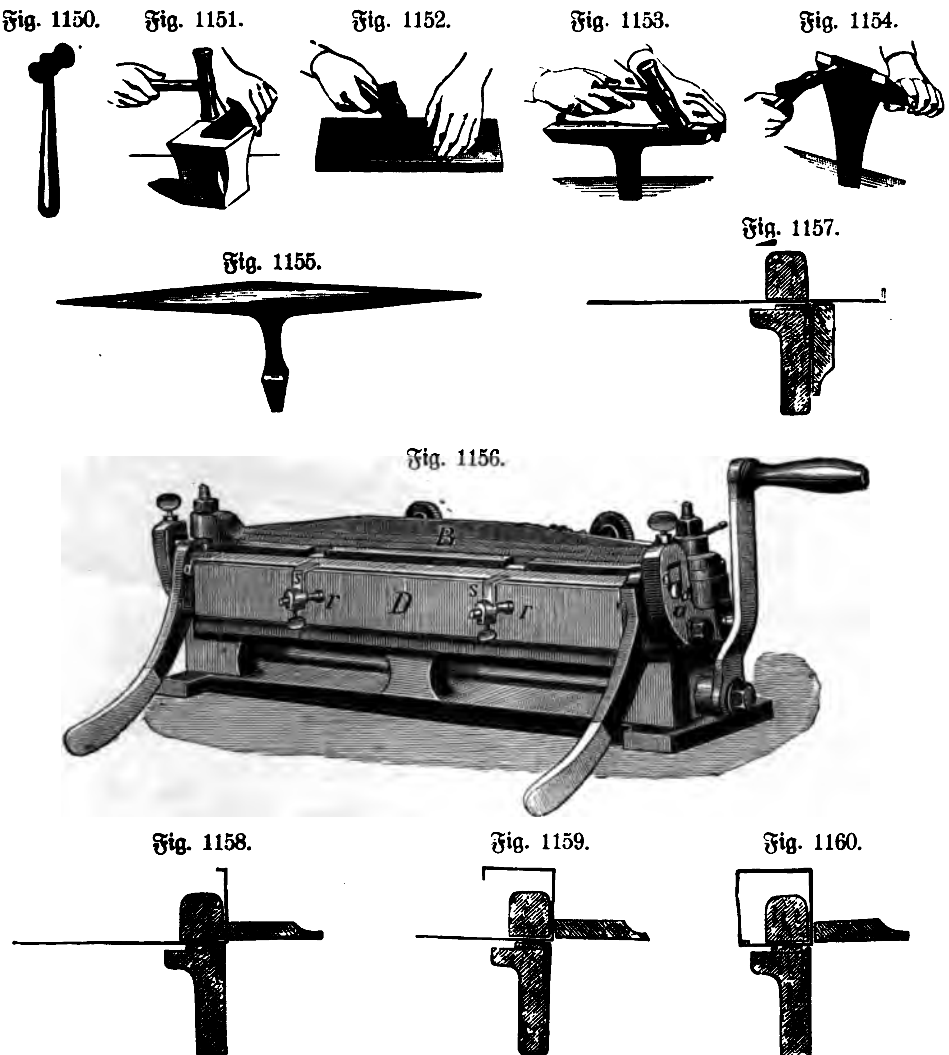


Fig. 1150. Fig. 1151. Fig. 1152. Fig. 1153. Fig. 1154.

Fig. 1155. Fig. 1157.

Fig. 1156.

Fig. 1158. Fig. 1159. Fig. 1160.

Um *Blech gerade zu richten*, überhämmert man es auf der *Richtplatte* mit einem *Holzhammer* oder *Polierhammer* (Fig. 1150), eventuell auf dem *Polierstock* (Fig. 1151), und zwar nicht nur an den verbogenen Stellen, da sich sonst das Blech verziehen würde, sondern ganz gleichmäßig über die ganze Fläche auf beiden Seiten, indem man bei jedem Schlage etwas weiter schreitet, zunächst in einer Linie längs einer Grenze, dann in einer zweiten dazu parallelen Linie u. s. w.

Zum Umbiegen dienen die *Umschlageisen* (Fig. 1153 und 1154) und das *Sperrhorn* (Fig. 1155); zur Herstellung kantiger Röhren die *Abkantemaschine*

(Fig. 1156), deren Wirkungsweise durch die Querschnittzeichnungen (Fig. 1157 bis 1160) dargestellt ist. Steht eine solche nicht zur Verfügung, so kann man nach Anleitung der Fig. 1157, 1158, 1159, 1160 irgend welche kantige Eisen- oder Hartholzstäbe benutzen, die man mit Schraubzwingen zusammenklemmt.

Um Blech in Form eines *Wulstes* (Fig. 1162 b) umzubiegen, wird die *Wulstmaschine* (Fig. 1161, Querschnitt Fig. 1162 a) gebraucht, zur Herstellung langer *Blechröhren* die *Rundmaschine* (Fig. 1163). Letztere ermöglicht, die Röhren auch schwach konisch zu machen, so daß sie sich ineinander stecken lassen (Fig. 1164).

Sollen zwei Blechstücke *durch Falzen verbunden* werden, so biegt man einen schmalen Teil der zu verbindenden Ränder mit der Flachzange oder auf dem Umschlageisen so um, daß die Durchschnitte die Form von Haken annehmen. Nun

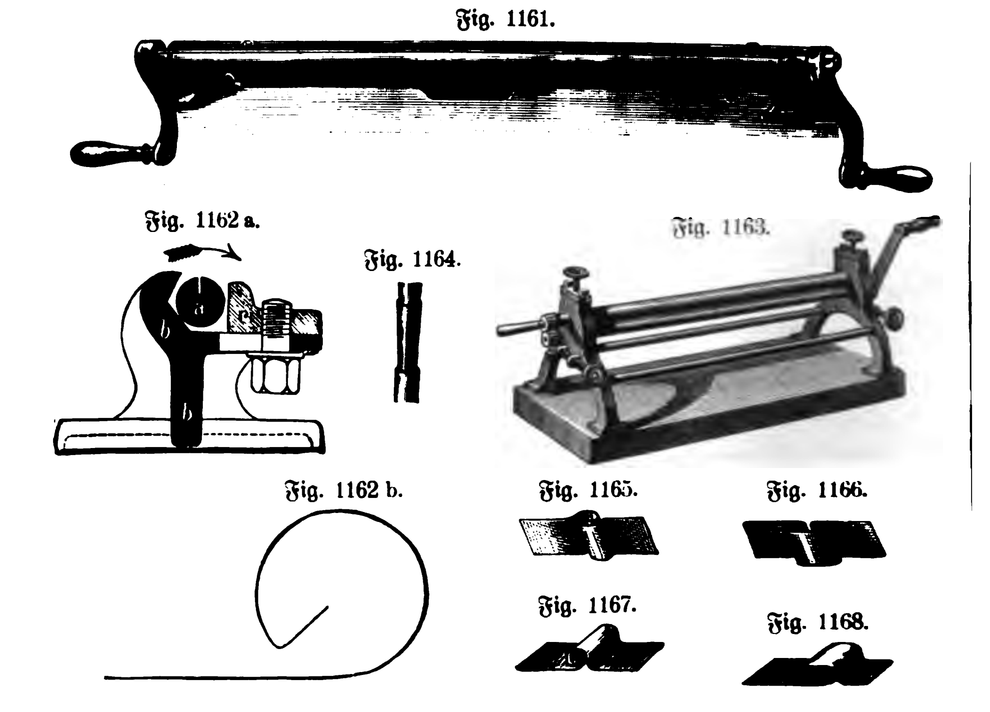


Fig. 1161. Fig. 1162 a. Fig. 1164. Fig. 1163. Fig. 1162 b. Fig. 1165. Fig. 1166. Fig. 1167. Fig. 1168.

hakt man die beiden Teile ineinander und überhämmert mit dem Holzhammer, bis der gebildete Falz zugedrückt ist, d. h. die beiden Teile sich gegenseitig festklemmen. Gewöhnlich wird der Falz nachträglich verlötet, teils größerer Festigkeit halber, teils damit er gegen Flüssigkeiten dicht halte (Fig. 1165 bis 1168).

i) *Stauchen, Nieten, Walzen u. s. w.* Sollen Cylinder durch Falzen verbunden werden (Fig. 1169) oder soll an einen Cylinder ein Boden angefalzt werden (Fig. 1170), so benutzt man entweder Umschlageisen mit bogenförmiger Kante (*Bördeleisen*, Fig. 1171) oder die *Sickenmaschine*[1]) (Fig. 1172), welche das Umlegen der Ränder, wie die Fig. 1173 und 1174 zeigen, durch Walzen bewirkt. Auch zur *Einziehung eines Drahtes* in die umgelegten Ränder, wie die Fig. 1175, 1176 und 1177 andeuten, ist die Sickenmaschine gut zu gebrauchen, und ganz besonders zum Einprägen nutenartiger Vertiefungen (Sicken) in die Ränder

[1]) Zu beziehen von *Kircheis*, Maschinenfabrik in Aue i. S.

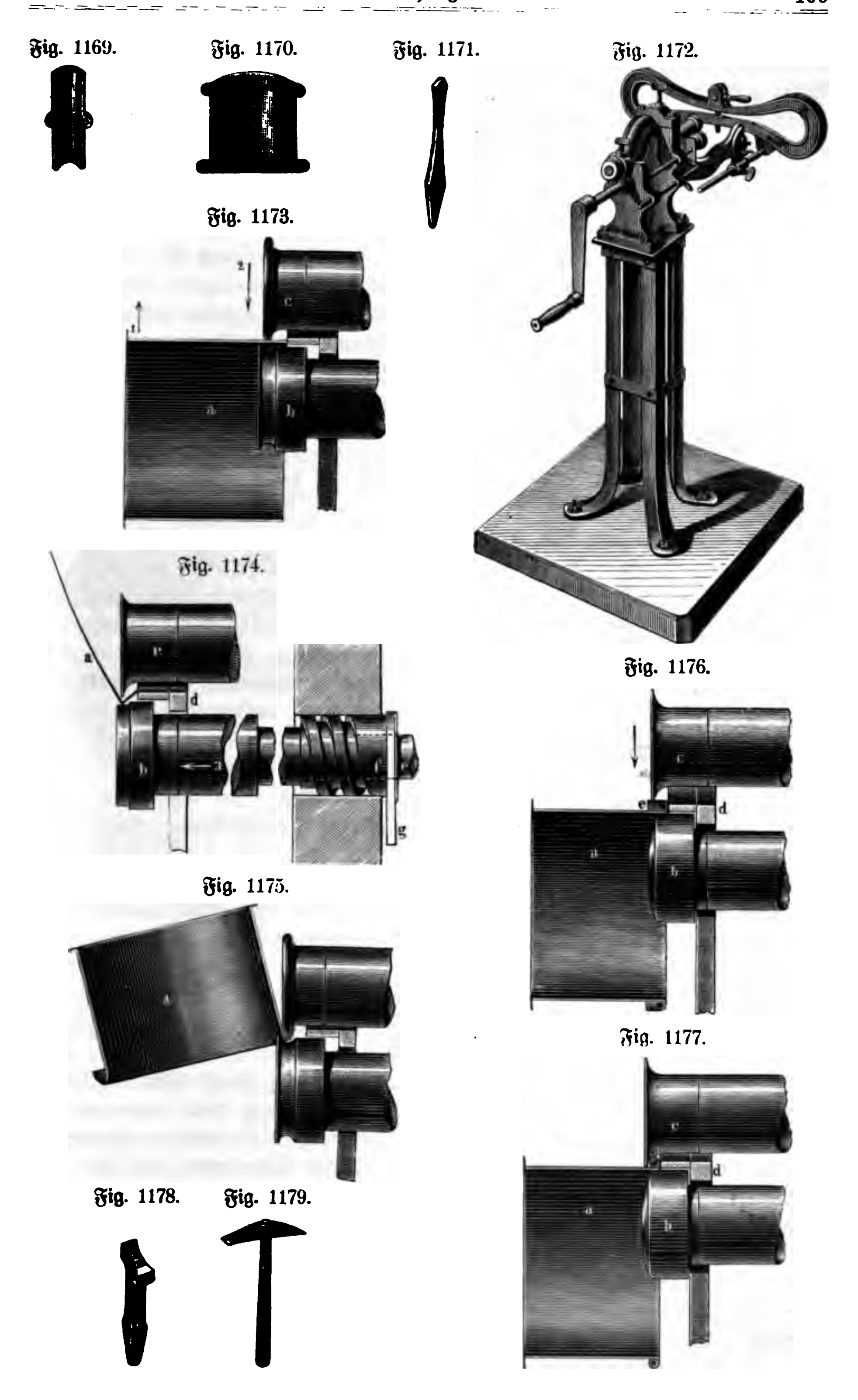


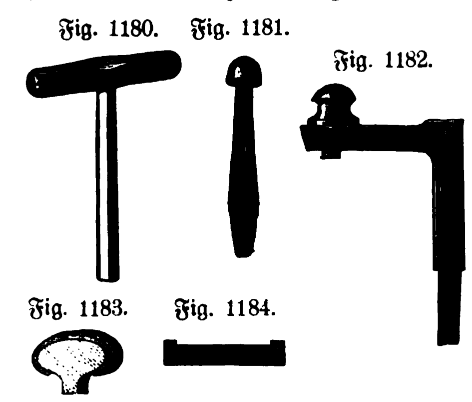
Fig. 1169. Fig. 1170. Fig. 1171. Fig. 1172. Fig. 1173. Fig. 1174. Fig. 1175. Fig. 1176. Fig. 1177. Fig. 1178. Fig. 1179.

von Blechcylindern, um denselben mehr Festigkeit zu geben, oder um dadurch einen Anschlag für einen aufzusetzenden Deckel herzustellen. Sonst dienen zu diesem Zwecke der Sickenstock (Fig. 1178) und der Sickenhammer (Fig. 1179).

Um ein ebenes Blech zu wölben, überhämmert man es mittels eines schwach konvexen Polierhammers auf dem Polierstock, indem man die Schläge in regelmäßiger Folge in einer Spirale von der Mitte zum Rande führt. Man bleibt dabei aber immer mehr vom Umkreise zurück, so daß die größte Ausdehnung in der Mitte stattfindet, während der Rand unausgedehnt bleibt, so daß das Ganze sich wölben muß.

Wird eine ebene Scheibe ringsum in der Nähe des Randes durch starkes Hämmern ausgedehnt, ganz am Rande und in der Mitte dagegen nicht, so richtet sich der Rand in die Höhe und kann durch Zusammenstauchen, d. h. durch Hämmern von der Außenseite völlig aufgerichtet, „aufgezogen“ werden.

Ein cylindrischer Gegenstand kann durch Hämmern von außen an einer bestimmten Stelle, z. B. längs des Randes, auf kleineren Durchmesser zusammengestaucht werden, man nennt dies „Einziehen“. Wird die Wandung eines Rohres durch Überhämmern so ausgedehnt, daß sie sich trompetenartig erweitert, so nennt man dies „Ausschweifen“.


Fig. 1180. Fig. 1181. Fig. 1182. Fig. 1183. Fig. 1184.

Soll eine Blechscheibe sehr stark, z. B. halbkugelförmig vertieft werden, so hämmert man sie zunächst auf einem konkaven, ausgedrehten Holz- oder Bleiklotz, eventuell nacheinander auf mehreren, mit verschiedener Vertiefung unter Anwendung eines Polierhammers mit stark konvexer Bahn, des Knopfhammers (Fig. 1180), und vollendet dann die Arbeit auf einem entsprechenden, halbkugeligen Amboß, dem Knopfeisen (Fig. 1181).

Ähnlich können durch Anwendung anderer Holzmodelle, oder auf Treibkitt als Unterlage, namentlich bei Anwendung von weichem Kupferblech, die verschiedensten Formen „getrieben“ werden. Zur Vollendung dient dann ein galgenförmiger Amboß mit verschiedenen Einsätzen, Stöckchen genannt (Fig. 1182).

Um die entstellenden Spuren der Hammerschläge zu verwischen, müssen die Gegenstände schließlich geschlichtet werden in der Weise, daß man die Rückseite mit einem lederüberzogenen Hammer bearbeitet.

Zur Herstellung eines Blechüberzuges auf einem Knopf (Fig. 1183) wird das schalenförmige Blech am Rande durch Hammerschläge nach innen getrieben.

Bei Fassung eines Glases in Blech werden die dünnen Ränder der Fassung durch sanften Druck mittels eines glatten Polierstahls über den Rand des Glases herübergedrückt (Fig. 1184), nachdem man zuvor, um Springen des Glases zu hindern, eine weiche Unterlage (Papier, Tuch u. s. w.) untergelegt hat.

Bekannt ist auch die Fassung kleiner Glasscheiben in rinnenartig ausgehöhlten, bezw. zwei zusammengelöteten, durch einen Draht versteiften Bleistreifen, sogenanntes Karniesblei. Die Scheibe wird eingesetzt und das vorher abgebogene Blei darüber gedrückt. Das „gemeine Blei“ enthält nur zwei durch eine schmale Zwischenwand getrennte gleich tiefe Furchen.

Pappdeckelhülsen u. s. w. erhalten ebenfalls häufig eine **Einfassung** aus Blech (Fig. 1185) und namentlich **Ösen** (Löcher) in Tuch oder Leder, welche zum Durchziehen von Schnüren bestimmt sind (Fig. 1186). Hierzu dient der **Ösendrücker** (Fig. 1187) oder eine ähnlich wirkende Zange. Die Blechröhrchen für die Ösen mit umgelegtem Rande auf einer Seite sind völlig präpariert im Handel zu haben. Man braucht sie nur einzustecken, den Stempel aufzusetzen und einen kurzen Schlag auf den letzteren zu geben. Sie werden dann so über die Ränder der Öffnung übergedrückt, daß ein Lösen nicht mehr möglich ist.

Verwandte Arbeiten sind das **Einlegen** eines Silberstreifens in eine schwalbenschwanzförmige Nut (Fig. 1188), wie es zum Aufbringen feiner Teilungen zuweilen notwendig ist und das **Fassen von Linsen und Steinen** (Fig. 1189 und 1190),

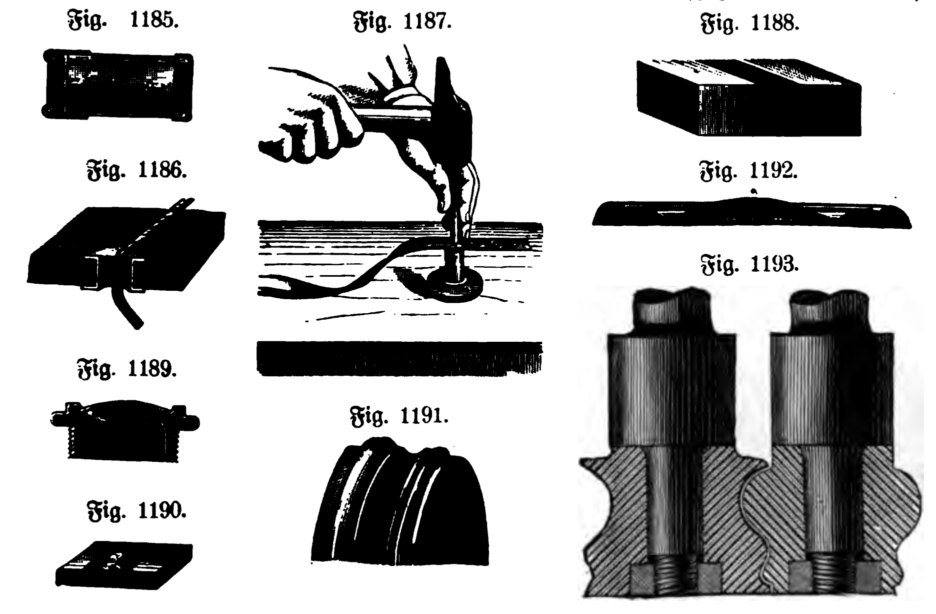


Fig. 1185. Fig. 1187. Fig. 1188. Fig. 1186. Fig. 1192. Fig. 1193. Fig. 1189. Fig. 1191. Fig. 1190.

wobei (ebenfalls unter Anwendung von gelindem Druck) mittels des Polierstahls das Metall über die Linse bezw. den Stein mit Vorsicht nach und nach hinübergedrückt wird.

Zum Aufbiegen der Fassungen der Steine in Taschenuhren benutzen Uhrmacher eine sich selbsttätig erweiternde „Laterne“, der Physiker dürfte aber kaum einmal in die Lage kommen, ein ähnliches Instrument anwenden zu müssen, denn wo ähnliche übergedrückte Fassungen vorkommen, wie z. B. bei Linsen, wird man, wenn man sich überhaupt dazu entschließt, selbst die Verbindung zu lösen, den übergreifenden Rand einfach abdrehen, bis man die Linse leicht herausdrücken kann. Beim Wiedereinsetzen muß man dann freilich wieder einen neuen überzudrückenden Rand ausdrehen oder überhaupt die ganze Fassung neu anfertigen. Zweckmäßiger überläßt man aber die Arbeit, welche Übung und Präzision erfordert, dem Optiker.

Rinnenartige Vertiefungen in Blech (Fig. 1191 und 1192) werden unter Anwendung passender Walzen (Fig. 1193) auf der Sickenmaschine hergestellt, andere mit der Spindelpresse [1]) oder Stanzmaschine mittels passender Stempel.

[1]) Handspindelpressen (Fig. 1047, S. 387) sind zu beziehen, zu 75 bis 830 Mk., von **E. Sonnenthal, Berlin.**

Einfache Prägungen können mit Handstempeln oder Punzen (Fig. 1194), eventuell auf Bleiunterlage erzeugt werden.

Eine bekannte nützliche Anwendung der Punzen ist z. B. die zur Herstellung von Inschriften oder Nummern auf Metallgegenständen. Man gebraucht hierzu die Buchstaben- oder Zahlenpunzen (Fig. 1195), die in verschiedener Größe fertig im Handel zu beziehen sind. Sie werden einfach mittels des Hammers eingeschlagen, während das Arbeitsstück auf dem Amboß aufliegt.

Durch feingekörnte Punzen, Mattpunzen, erzeugt man auf glänzenden Flächen matte Stellen zur Dekoration.

Sollen zwei Blechstücke durch Nieten miteinander verbunden werden, so bohrt man an den betreffenden Stellen, nachdem man sie in der gewünschten Lage übereinander gelegt hat, Löcher oder schlägt solche mittels eines Durchschlags

Fig. 1194.

Fig. 1196.

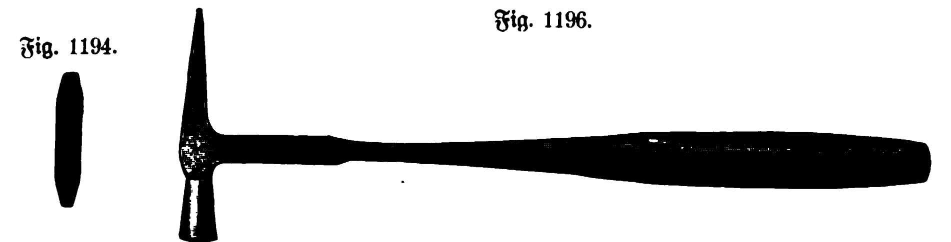


Fig. 1195.



Fig. 1197.



auf einem Holzblock durch, steckt in eines derselben ein Stückchen eines Nagels oder eine Niete, welche nur wenig über das Blech hervorragt, läßt den Kopf auf einem in den Schraubstock eingespannten Stahlklötzchen (mit einer passenden Vertiefung für denselben) aufruhen und überhämmert nun mittels eines kleinen Hammers (Niethammers, Fig. 1196 und 1197), nötigenfalls mit der Finne desselben, den Stift, so daß er sich staucht, so lange, bis daraus ebenfalls ein Kopf geworden ist, also die beiden Blechteile zwischen die beiden Knöpfe fest eingeklemmt sind. Hierauf befestigt man ebenso eine Niete in dem zweiten Loche u. s. f. Durch eine Punze mit halbkugeliger Höhlung kann dem angestauchten Kopf eine schöne Form gegeben werden.

Bei sehr dünnem Blech werden kupferne Nietnägel verwandt und auf das Ende der Niete vor dem Stauchen ein gut aufpassender Kupferring aufgesetzt, welcher dann zusammen mit dem angestauchten Kopf gewissermaßen einen einzigen, sehr breiten Kopf bildet.

Zum Nieten von Röhren (Ofenröhren) ist als Amboß ein besonderes Nieteisen (z. B. ein Stück Eisenbahnschiene) nötig, welches in das Rohr eingeschoben und an beiden Enden gestützt wird.

Beispiele von Nietverbindungen zeigen die Fig. 1198, 1199, 1200, 1201, 1202 und 1203. Das Einnieten von Bolzen stellen die Fig. 1204, 1205, 1206 und 1207 dar.

Auch Röhren können eingenietet werden, wie Fig. 1208 andeutet, indem man den aus der Öffnung vorstehenden Rand durch kurze rasche Schläge mit der Finne des Hammers umlegt und eventuell mit einer Punze glättet.

Nietungen finden sich selten an physikalischen Apparaten und wenn sich

solche vorfinden, so sind sie an Stellen angebracht, an welchen Lösung nicht, oder höchstens im Falle einer Reparatur nötig werden kann. Kleine Nieten schägt man dabei, wie oben für den Splint beschrieben, einfach mittels des Durchschlages heraus, bei größeren meißelt man zuerst den Nietkopf an der einen Seite ab.

Soll lediglich die Verbindung rasch gelöst werden ohne Rücksicht darauf, ob einzelne Teile beschädigt werden, so verwendet man sehr flache Stahlkeile, zweck-

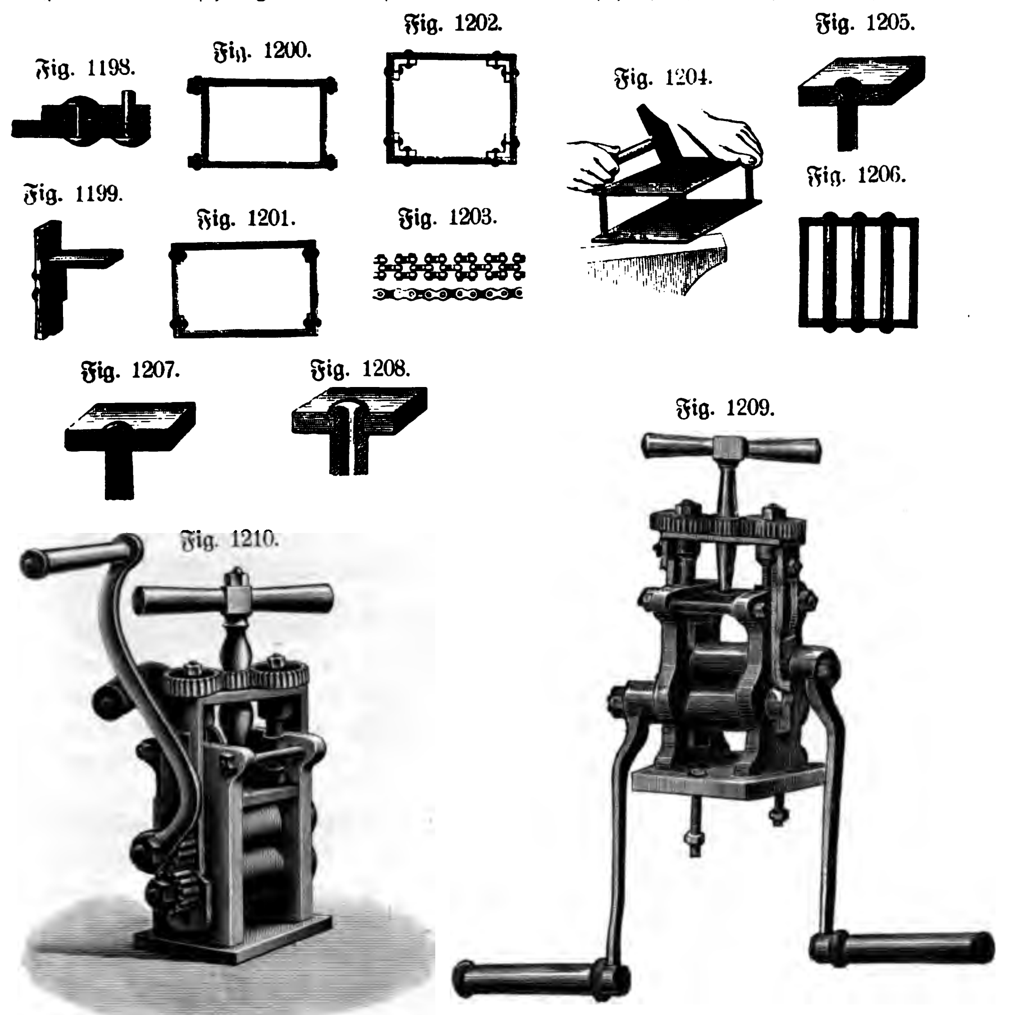


Fig. 1198. Fig. 1199. Fig. 1200. Fig. 1201. Fig. 1202. Fig. 1203. Fig. 1204. Fig. 1205. Fig. 1206. Fig. 1207. Fig. 1208. Fig. 1209. Fig. 1210.

mäßig solche von der Form von Vogelzungenfeilen, welche sich zu fast quadratischem Querschnitt verdicken und nach dem Eintreiben mittels eines Wendeeisens umgedreht werden können, so daß dadurch eine sehr beträchtliche Kraftwirkung erzielt werden kann. Um ein Ausquetschen der Keile durch die hervorgerufene hohe Spannung zu hindern, versieht man sie mit Einschnitten, welche eine Art Widerhaken erzeugen. Ist der Winkel einigermaßen beträchtlich, würde man z. B. einen gewöhnlichen Flachmeißel zum Aufsprengen benutzen, so kann durch das plötzliche unvermutete Zurückschnellen des Meißels großer Schaden angerichtet werden, was also beim Gebrauche wohl zu berücksichtigen ist.

Durch Zusammenstauchen des Materials kann auch dicker Draht in dünnen oder in flachen Draht oder dünnes Blech umgewandelt werden. Hierzu dienen Walzmaschine (Fig. 1209 [1]) und Zieheisen (Fig. 1211) eventuell unter Benutzung der Ziehbank (Fig. 1212). In beiden Fällen muß man das Material von Zeit zu Zeit ausglühen. Mit der Walzmaschine kann man sich z. B. ein gegossenes Stängelchen eines nicht zu harten Metalls in Blech oder Draht umgestalten.

Ziemlich oft kommt man in den Fall, Draht ziehen zu müssen, wenn auch nur, um ihm, wie bei Platindraht, den man nicht in jeder Nummer kaufen oder vorrätig halten kann, einen anderen Durchmesser zu geben.

Das Verfahren bei dem Drahtziehen ist sehr einfach, wenn es sich nur um kurze Stücke handelt. Das Zieheisen kommt zwischen Kupferblech in den Schraubstock; der vorhandene Draht wird so weit dünner gefeilt, daß er willig durch das nächste kleinere Loch gesteckt werden kann und noch etwa 5 bis 6 mm darüber hervorsteht. Dieses hervorstehende Ende wird mit einer Flachzange gut gefaßt und dann der mit Fett bestrichene Draht langsam und stetig durchgezogen. Wenn der Draht durch einige Löcher gezogen ist, muß er wieder ausgeglüht werden, wenn das Ziehen noch weiter fortgesetzt werden soll. Doch ist letzteres bei Platin-

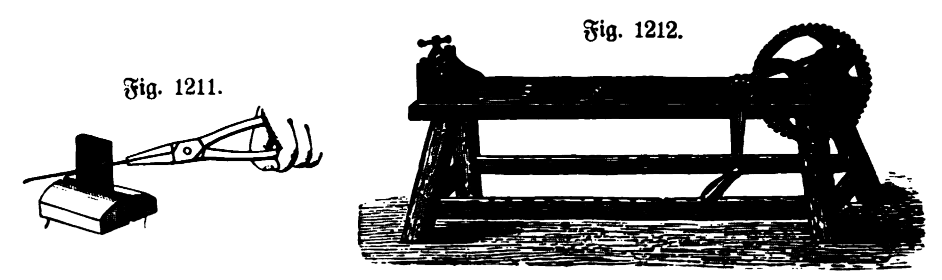


Fig. 1211. Fig. 1212.

draht nur selten vorzunehmen. Für Platin dürfen die Durchmesser der Ziehlöcher auch nur sehr langsam abnehmen. Eisendraht muß nach dem Ausglühen mit Schmirgelpapier geputzt oder durch Säure abgebeizt werden, weil der Glühspan die Ziehlöcher sehr schnell verdirbt. Zum Einschmieren wird meist ein festeres Fett als Öl genommen.

k) Das Schraubenschneiden. Verschiedene Formen von Schneidkluppen zeigen die Fig. 1213, 1214, 1215, 1216, 1217, 1218, 1219 und 1220. Das Schneiden der Schrauben (Fig. 1221) ist eine leichte Arbeit. Man hat darauf zu sehen, daß der zur Schraube vorgerichtete Draht oder Stab nur notdürftig die erforderliche Dicke habe, weil die Schraube immer etwas aufträgt, und daß man die Schneidekluppe rechtwinkelig zur Achse des Cylinders ansetze. Ist der letztere dicker als die Höhlung im Schneidezeug, so erwächst daraus an sich kein Nachteil, wenn die Differenz nicht zu groß ist; allein man muß dann im Anfange das Schneidezeug sehr langsam vorwärts drehen und die Backen immer mehr anziehen, bis der erste Umgang vollendet ist, weil man sonst leicht in einen falschen Gang kommen kann. Bei der Verfertigung von Schraubenmuttern müssen dieselben so weit gebohrt sein, daß man etwa zwei bis vier Umgänge des Gewindebohrers (Fig. 1222) hineinstecken kann, worauf man unter mäßigem Druck auf den Bohrer letzteren in die Öffnung hineinschraubt (Fig. 1223). Zeitweise entfernt man

[1]) Zu beziehen von August Schmitz, Walzmaschinenfabrik in Düsseldorf, Neußerstraße 101 und Leybolds Nachf., Köln (Fig. 1210).

die gebildeten Späne mit einer Bürste (Fig. 1224). In beiden Fällen kann man meist nicht ununterbrochen fortdrehen, sondern muß durch Hin= und Herbewegung die Reibung in den schon gebildeten Teilen der Schraube zu mindern suchen, was man natürlich bei der Bildung der Schraube mehr in seiner Gewalt hat, als bei der Mutter. Allein gerade bei der Bildung der Schraube muß man sich hüten, das Schneidezeug zu scharf anzuziehen, weil man sonst, wenigstens dünne Schrauben,

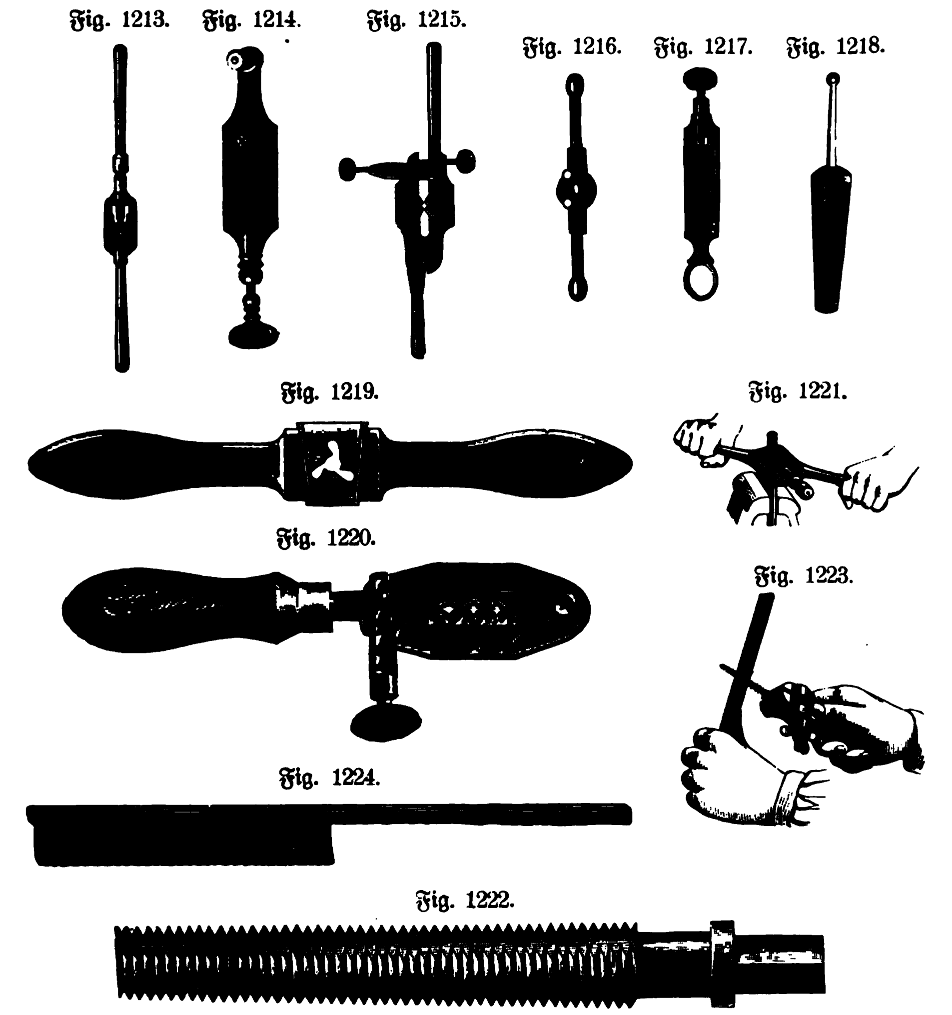


Fig. 1213. Fig. 1214. Fig. 1215. Fig. 1216. Fig. 1217. Fig. 1218. Fig. 1219. Fig. 1220. Fig. 1221. Fig. 1222. Fig. 1223. Fig. 1224.

gern abdreht. Bei der Bildung der Mutter wird es meistens nötig, den Bohrer zuletzt auch noch von der entgegengesetzten Seite hineinzuschrauben, um eine gleichmäßige Form der Gewinde zu erzielen; doch wird dieses überflüssig, wenn die Schraubengänge am Ende wie in Fig. 1222 wieder eine Strecke weit weggedreht sind und die Mutter nicht zu dick ist.

Soll eine Schraubenmutter, die nicht durchgeht, bis auf den Grund gut ausgeschnitten werden, so nimmt man einen Bohrer, der nur wenige Umgänge hat, aber cylindrisch ist.

Bei der Anfertigung eiserner Schrauben muß reichlich Öl angewendet werden,

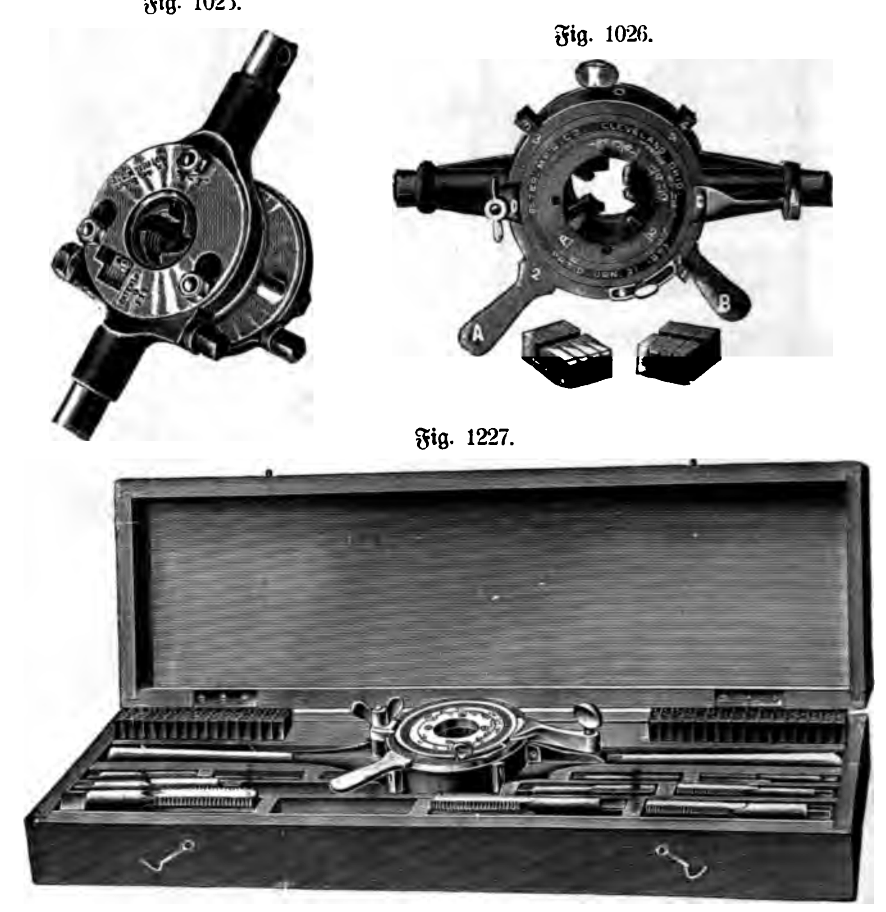
ebenso bei Kupfer. Messing wird trocken oder mit Talg bearbeitet, Gußeisen voll-kommen trocken.

Öfters muß man beim Schneiden einer Schraube probieren, ob sie auch genau in das Muttergewinde einpaßt, da man, falls sie zu locker geworden ist, schwer abhelfen kann. Zuweilen läßt sich eine Schraube dadurch festsitzend machen, daß man sie flach hämmert, d. h. so, daß ihr Querschnitt elliptisch wird. Die verhämmerten Gewindegänge greifen dann allerdings nicht mehr ein, die stehen-

Fig. 1025.

Fig. 1026.

Fig. 1227.



gebliebenen sind dagegen weiter geworden und fassen fester. Man kann auc dünnes Kupferblech oder dünnen Kupferdraht mit einschrauben, oder die eine Seit der Schraube durch aufgetragenes Zinnlot verstärken. Verstauchen oder flüchtige Vernieten der letzten Gewindegänge oder Verlöten sind ebenfalls häufig gebraucht Mittel schlechte Arbeit zu verbessern[1]).

Ist ein stählerner Gewindebohrer in einem Messingstück abgebrochen so sucht man das eingeklemmte Stück mit einer Flachzange zu fassen, indem ma wenn dies angeht, mittels eines kleinen Meißels ringsherum das Messing entfern Ist dies nicht möglich, so kann man durch Kochen in Alaunlösung[2]) das Stahl

[1]) Ein bekannter Spruch sagt: „Hämmern, Nieten, Löten hilft dem Mechaniker au allen Nöten" (D. Mech.-Ztg. 1898, S. 49). — [2]) Nach Bornhäuser, Mech.-Ztg. 1898, S. 15

stückchen herausätzen. Auch mit Hilfe von Salzsäure läßt sich das Ausätzen bewirken, falls man hinreichend Zeit hat, den sehr langsam verlaufenden Ätzungsprozeß abzuwarten.

Beim Ankauf einer Schraubenkluppe[1]) erhält man gewöhnlich dazu auch einige Bohrer, welche indes meist kurz und wenig zu gebrauchen sind, weshalb man sich zu den vorhandenen Gewinden sofort eine Anzahl neuer Bohrer von verschiedener Dicke machen muß so daß immer der nächst dickere am Anfange noch etwas dünner ist, als der nächst vorhergehende an seinem dickeren Ende. Solche Bohrer dürfen überhaupt nur wenig an Dicke zunehmen, man arbeitet dann schneller damit, bricht sie weniger leicht ab und die Muttern werden cylindrischer. Dünne Bohrer dürfen auch nicht zu lang gemacht werden; es ist ein gutes Verhältnis,

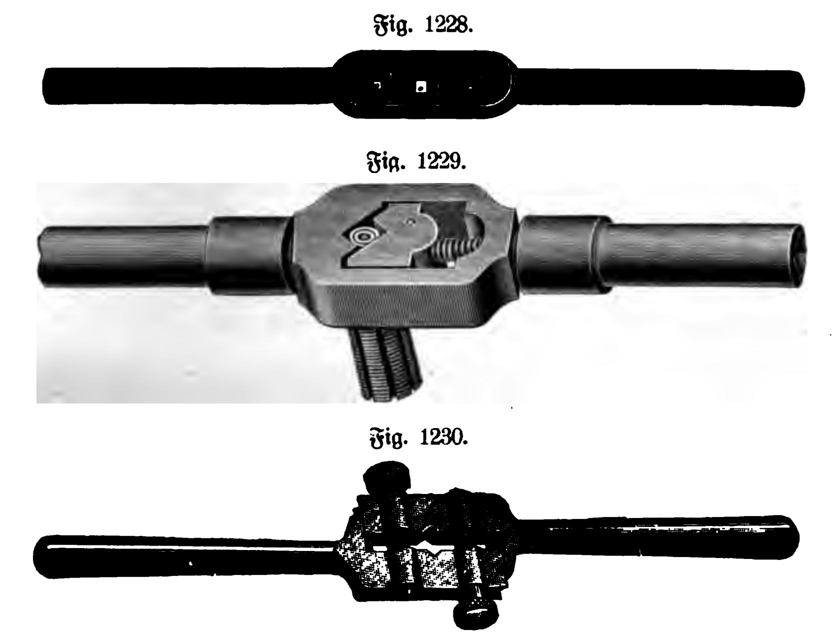


Fig. 1228.

Fig. 1229.

Fig. 1230.

wenn die Länge sechsmal so groß ist als die Dicke, und wenn auf diese Länge der Durchmesser um die Gewindetiefe zunimmt; doch läßt man die Dicke des Bohrers im ersten Dritteile gewöhnlich etwas rascher wachsen und verteilt also die ganze Zunahme nicht gleichförmig auf die Länge. Am dicken Ende gibt man den Bohrern dann noch einen viereckigen Zapfen, um sie bequem mit dem Feilkloben oder dem Windeisen (Fig. 1228, 1229 und 1230) fassen zu können[2]).

[1]) Präzisionsschneidekluppen im Kasten samt Bohrer u. s. w. liefert Sonnenthal, Berlin, zu 81 bis 398 Mk.; „Stern"-Gasgewindekluppen zu 25 bis 64 Mk. Die Kluppe (Fig. 1225) ist zu beziehen von Aug. Meiselbach Nachf., Werkzeugfabrik, Leipzig-Lindenau; die Kluppe (Fig. 1226) für Röhrengewinde von Ernst Straub, Konstanz (Baden). Andere Bezugsquellen sind: Hugo Bieling, Mechanische Werkstatt, Steglitz bei Berlin, Florastr. 2 (Löwenherzgewinde); Th. Westphal, Köln a. Rh.; W. Sauerbrei u. Co., Remscheid-Vieringhausen; Aug. Eggers, Bremen (Walworthkluppen), u. a. Eine Schneidkluppe „Excelsior", bei welcher auch die Führungsbacken verstellbar sind, in Etui, nach Fig. 1227 liefern Delisle u. Ziegele in Stuttgart zu 65 bis 200 Mk. —
[2]) Ein verstellbares Windeisen nach Fig. 1230 liefern Delisle u. Ziegele in Stuttgart zu 5 bis 15 Mk.

Wenn das Gewinde beinahe ausgeschnitten ist, feilt man noch einmal mit der Schlichtfeile die hervorgetriebenen Grate ab und schneidet das Gewinde dann erst noch einmal vollkommen rein aus; zuletzt werden die Bohrer auf vier Seiten sauber befeilt, so daß das Gewinde hier ganz entfernt wird, worauf man sie zur Entfernung des Feilgrates noch einmal leicht durch das Schneidezeug gehen läßt. Am Anfange braucht man das Gewinde nicht ganz wegzufeilen, man gewinnt dadurch an sicherer Führung, wenn der Bohrer das Gewinde erst anfangen soll. Zuletzt werden die Bohrer gehärtet und hafergelb angelassen; den viereckigen Zapfen aber läßt man noch einmal für sich blau anlaufen[1]).

Die erste Arbeit, welche mit der erkauften Schneidekluppe gemacht wird, sollte eigentlich in der Anfertigung von Mutterbohrern bestehen, d. h. solchen Bohrern, welche nur dazu bestimmt sind, wieder neue Backen in das Schneidezeug zu machen, wenn die alten schadhaft geworden sind, außerdem aber nicht gebraucht werden.

Solche Bohrer sollten eigentlich einen Durchmesser haben, der um die doppelte Gewindetiefe größer ist, als jener der Schrauben, welche mit den Backen gefertigt werden sollen; es wird jedoch hiermit nicht genau genommen, da das Verhältnis zwischen dem Durchmesser der Schraube und der Breite und der Tiefe eines Schraubenganges innerhalb sehr weiter Grenzen willkürlich ist, ohne daß deswegen eine Schraube verwerflich wird. Verwerflich aber ist eine Schraube — ganz besondere Fälle aus-

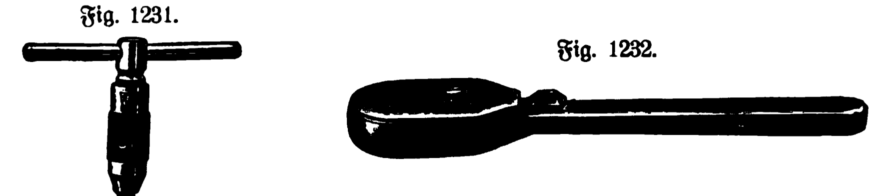


Fig. 1231.

Fig. 1232.

genommen —, wenn der Zahn nicht mindestens noch ein gleichseitiges Dreieck bildet und wenn dieselbe so dünn ist, daß der äußere Durchmesser zum inneren sich nicht noch mindestens wie $\sqrt{2}:1$ verhält; ist nämlich dieses nicht der Fall, so kann man bei Anfertigung des Bohrers die Schraubengänge nicht mehr von vier Seiten bis auf den Grund wegfeilen, folglich auch nicht einen brauchbaren Bohrer herstellen. In diesem Falle wäre die Tiefe des Ganges etwa noch $^1/_7$ vom Durchmesser der Schraube. Für Schrauben, welche bedeutende Kraft aushalten sollen, geht man nicht leicht unter $^1/_8$, besondere Fälle, wie Schrauben, die eine feine Bewegung hervorbringen sollen, oder bei Deckeln u. dergl. ausgenommen.

Wenn man nach und nach aus verschiedenen Werkstätten Apparate angeschafft hat und da eine kleine Verbesserung, dort irgend eine Vorrichtung anbringen möchte, um den Apparat auch noch zu anderen Zwecken dienstbar zu machen, so wird man bald finden, daß man eine viel zu kleine Auswahl von Gewinden besitzt[2]). Man

[1]) Gewindebohrhalter mit Universalschraubkopf, Fig. 1231, für Bohrer bis $^1/_4$ bezw. $^1/_2$ Zoll liefert C. Bauer in München, Frauenstr. 19, zu 2, 1 bis 4,2 Mk.; Ratschenwindeisen für Links- und Rechtsgang, Fig. 1232, zu 14,4 bis 33,5 Mk. (18 bis 30 mm). — [2]) Zuweilen kann man sich helfen, indem man eine vorhandene Schraube dünner feilt. Hierzu legt man sie auf ein entsprechend ausgehöhltes Stück Holz und feilt unter kontinuierlichem Drehen mittels einer dreikantigen oder Messerfeile die Gewindegänge möglichst gleichmäßig immer tiefer. In gleicher Weise kann man sich durch Feilen eine Schraube mit beliebigem Gewinde herstellen, wenn man zunächst mittels der Reißnadel den Verlauf der Vertiefungen der Gewindegänge aufzeichnet und alsdann dieselben unter

muß darum darauf denken, gelegentlich durch scharfe tiefe Gewinde diese Lücken auszufüllen und von fremden Bohrern weitere Backenpaare in die Kluppe abschneiden, wodurch man bald eine gehörige Auswahl erhalten wird.

Die Form der **Backen** richtet sich im allgemeinen nach der erkauften Kluppe und es gibt solche, jedoch nur für gröbere Gewinde, die aus drei Stücken bestehen. Die vorgefeilte Kerbe muß weniger als den Halbkreis betragen und ja nicht an den Rändern verflacht sein, sondern wie in Fig. 1233 bei *a* und *b* so eingefeilt sein, daß die Gänge rechtwinkelig abgeschnitten sind; andernfalls schneiden die Backen nicht, sondern drücken nur. In der Mitte erhalten alle Backen einen ziemlich tiefen Einschnitt *c*.

Das Härten geschieht gewöhnlich so, daß man das einzelne Stück in eine Drahtschlinge bindet. Der Grad des Nachlassens ist derselbe wie bei den Bohrern. Die zusammengehörigen Backen und Bohrer werden vor dem Härten durch eingeschlagene Punkte oder Zahlen gleich bezeichnet.

Fig. 1233. Fig. 1235. Fig. 1236. Fig. 1237.

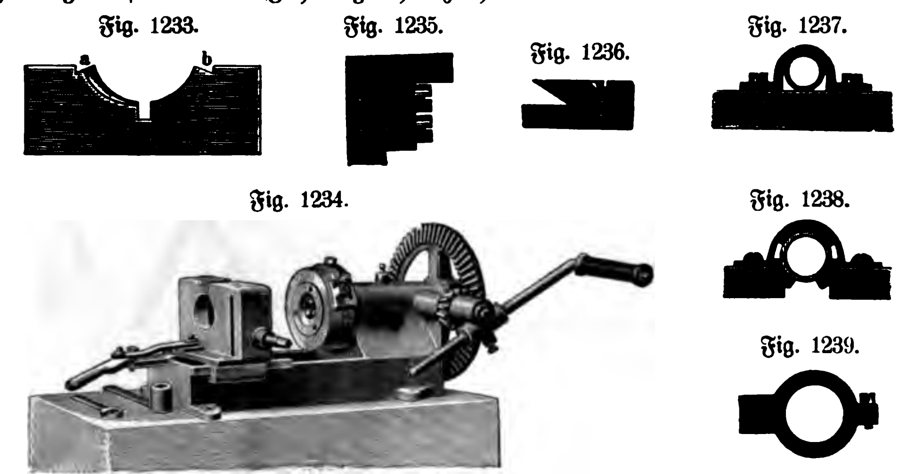


Fig. 1234. Fig. 1238.

Fig. 1239.

Zur Herstellung größerer Schrauben sind besondere **Schraubenschneidemaschinen**[1]) im Handel zu haben, sowie **Gewindeschneidevorrichtungen** zum Gebrauche an der Bohrmaschine[2]).

Die häufigste Art der Verwendung von Schrauben ist die in Form von **Befestigungsschrauben**. Kleinere Schrauben erhalten in der Regel cylindrischen, flachen oder halbrunden Kopf mit Einschnitt, wie die Beispiele von Schraubenbefestigung, Fig. 1235, 1236, 1237, 1238 und 1239, zeigen.

Es ist zweckmäßig, um durch den Verlust einer Metallschraube nicht lange

---

gleichmäßigem Drehen ausfeilt. Ist kein Gewindebohrer zu vorhandenen eisernen Schrauben zu bekommen, so kann man eine solche zu einem Gewindebohrer zurichten und, wie später angegeben wird, mit Blutlaugensalz u. dergl. härten. In Messing kann man damit recht wohl Gewinde schneiden. — [1]) Schraubenschneidemaschinen nach Fig. 1234 liefern **Böffinger u. Schäfer**, Frankfurt a. M., zu 135 bis 260 Mk. — [2]) Bei dem Excelsiorapparat zum Gewindebohren (zu beziehen zum Preise von 150 Mk. von **E. Sonnenthal**, Berlin) ist das Gewinde mit einem Schnitt fertig. Das Abbrechen der Bohrer wird verhindert, weil sich dieselben bei dem geringsten Hindernis oder beim Aufstoßen auf den Grund selbsttätig ausschalten. Die Bohrer sind rasch auswechselbar. (Der Apparat schneidet **Whitworthgewinde** von $^3/_8$, $^1/_2$, $^5/_8$, $^3/_4$, $^7/_8$ und 1 Zoll engl.) Ähnliche Vorrichtungen liefern **Schuchard u. Schütte** in Berlin.

aufgehalten zu werden, eine Auswahl von denselben nebst den zugehörigen Gewindebohrern vorrätig zu halten [1]).

Zum Lösen oder Eindrehen wird ein Schraubenzieher gebraucht, dessen Schneide möglichst genau in den Einschnitt des Kopfes [2]) paßt, also namentlich nicht etwa nach Art eines Meißels zugeschärft, sondern flach abgestumpft sein muß. Die im Handel vorkommenden Schraubenzieher sind oft aus so schlechtem Stahl verfertigt, daß sie gar nicht zu gebrauchen sind. Bei Anschaffung eines Schraubenziehers überzeuge man sich also davon, ob die Schneide genügende Härte besitzt, lasse sich eventuell einen guten Schraubenzieher eigens von einem Mechaniker oder Schlosser anfertigen oder mache ihn sich selbst [3]). Ein zu weicher Schraubenzieher verbiegt sich, ein zu harter springt aus, sobald man kräftig anzieht. Solche Schraubenzieher legt man am besten zum alten Eisen. Ist ein guter Schraubenzieher an der Schneide verletzt worden, was bei langem Gebrauche immerhin eintreten kann, so muß eine neue Schneide angeschliffen werden, ebenso bei manchen im Handel zu erhaltenden Exemplaren, die so ungenügend geschliffen sind, daß man damit beginnen muß, die Schneide in richtige Form zu bringen.

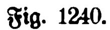


Fig. 1240.

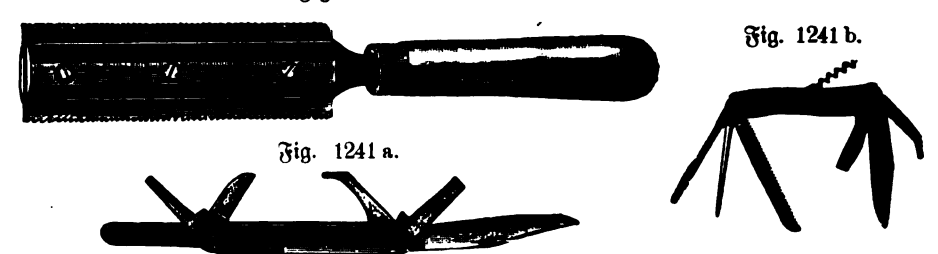


Fig. 1241 a. Fig. 1241 b.

Ist ein Schraubenzieher zu schmal, so beschädigt er den Einschnitt in dem Schraubenkopfe, ist er zu breit, so beschädigt er die Umgebung, namentlich wenn der Schraubenkopf flach und gut versenkt ist. Es folgt hieraus, daß ein einzelner Schraubenzieher nicht genügt, daß man eine genügende Auswahl solcher besitzen muß [4]).

---

[1]) Bezugsquellen sind: Gebr. Heyne, Metallschraubenfabrik in Offenbach a. M.; A. Krüger, Metallschraubenfabrik, Berlin SO., Köpenikerstr. 169; Pfaff u. Schlauder, Schraubenfabrik, Schramberg (Württemberg); Berliner Metallschraubenfabrik und Façondreherei, Berlin O., Andreasstr. 32; Ferd. Bilstein, Metallschraubenfabrik, Vörde (Westfalen); Bernhardt und Philipps, Metallschraubenfabrik, Chemnitz i. S.; J. Dähne, Metallschraubenfabrik, Berlin S., Urbanstr. 116; Julius Graf, Schraubenfabrik, Dahle bei Altena i. W.; Glauer u. Co., Metallschraubenfabrik, Magdeburg-Sudenburg, Ackerstr. 3e; Delleske und Schmohl, Metallschraubenfabrik, Berlin SO., Köpenikerstr. 145; Hugo Brav, Metallschraubenfabrik, Berlin S., Sebastianstr. 72; Arnold und Petzold, Metallschraubenfabrik, Altendorf i. S.; Karl Krist, Metallschraubenfabrik, Hamburg, Cremon 2i; Luckan und Steffen, Metallschraubenfabrik, Hamburg, Jenischstr. 10. — [2]) Sägerücken zum Einspannen von Sägeblättern behufs Einschneiden von Schraubenköpfen nach Fig. 1240 liefert C. Bauer in München, Frauenstraße 19 zu 2 Mk. — [3]) Gute Schraubenzieher liefert H. Hommel in Mainz. Ebenso die in den Figuren dargestellten Hilfswerkzeuge. Taschenmesser mit Schraubenzieher liefern W. Kücke u. Co., Elberfeld (Fig. 1241 a); J. Alb. Schmidt, Stahlwarenfabrik in Solingen, Kölnerstr. 35. Montagemesser nach Fig. 1241 b liefern Delisle u. Ziegele in Stuttgart zu 5 Mk. — [4]) Auch Mechaniker haben nicht immer genügend beschaffene oder genügend viele Schraubenzieher. Daher der Spruch: „Zeige mir Deine Schraubenzieher und ich will Dir sagen, wer Du bist.“

Wird der Schraubenzieher nicht genau in der Achse der Schraube angesetzt und unter genügendem Druck während des Drehens in dieser Richtung gehalten, so gleitet er leicht aus und beschädigt einen benachbarten Teil. Bei Schrauben mittlerer Größe genügt einige Übung zur sicheren Führung des Schraubenziehers, bei sehr kleinen versieht man dagegen das Ende des Griffes mit einem drehbaren Knopf, gegen welchen der Zeigefinger beständig drückt und so die Lage sichert, während Daumen und Mittelfinger den gerieften cylindrischen Griff in Drehung versetzen [Fig. 1242][1]).

Fig. 1244.

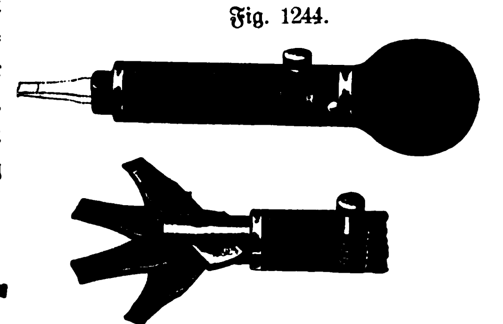
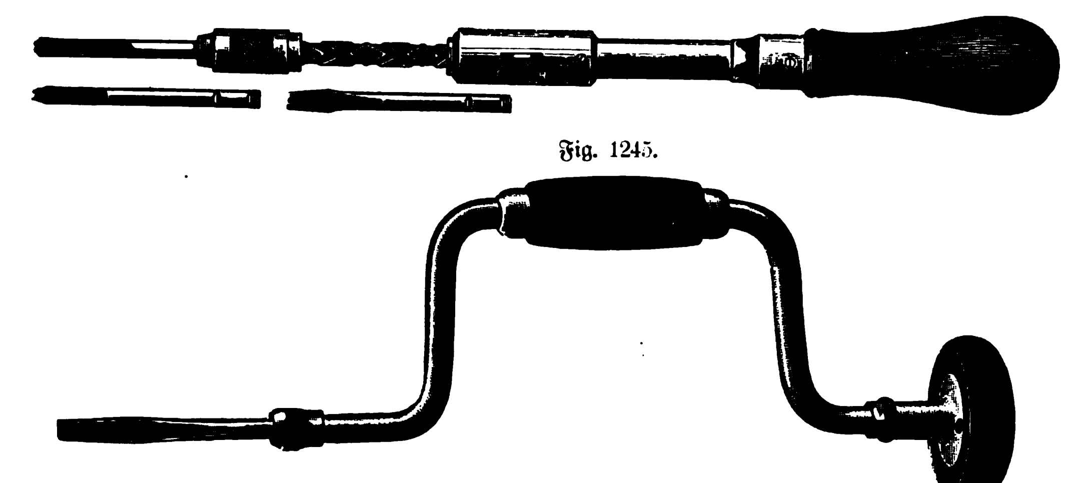


Fig. 1242.



Fig. 1243.

Fig. 1245.



Ebenso drückt man große Schraubenzieher mit der linken Hand gegen die Schraube an und bewirkt die Umdrehung durch einen an die Klinge angeschraubten Feilkloben mit der rechten, oder man befestigt den Schraubenzieher überhaupt nicht in einem gewöhnlichen Griffe, sondern in einer Bohrwinde, wie sie zum Umdrehen der Zentrumbohrer gebraucht wird (Fig. 1245).

---

[1]) **C. Bauer** in München, Frauenstr. 19, liefert einen automatischen nach Art eines Drillbohrers gestalteten Schraubenzieher zum Ein= und Ausdrehen der Schrauben, welcher sich aber auch feststellen und wie ein gewöhnlicher Schraubenzieher verwenden läßt (Fig. 1243) zu 4 bis 6 Mk.; ferner einen Taschenschraubenzieher mit vier umsteckbaren Klingen (Fig. 1244) zu 4,25 Mk.

Um auch an tiefen Stellen zukommen zu können, verwendet man Einsatz- oder Verlängerungsstücke, wie sie die Figur zeigt.

An schwer zugänglichen Stellen finden ferner die später zu besprechende Eckbohrwinde und die Rätschenschraubenzieher Anwendung. Letztere (Fig. 1246) sind mit einem verstellbaren Knopf versehen. Je nach dessen Stellung wirken sie nur in einem oder anderen Sinne.

Beim Einschrauben sehr feiner Schräubchen muß man sehr vorsichtig zu Werke gehen, da man allzuleicht das Gewinde verdreht und die Schraube dann nicht mehr faßt. Zum Anfassen solcher Schräubchen dient die Kornzange (Fig. 1247), auch kann man den Schraubenzieher magnetisch machen, so daß das Schräubchen daran hängen bleibt.

Trotz aller Vorsicht kann der Fall eintreten, daß durch eine unvorsichtige Bewegung der Hand die Schraube weggeschnellt wird und sich dann nur schwer wieder auffinden läßt. Es ist aus diesem Grunde zweckmäßig, ein Pappkästchen unterzulegen, von welchem die abspringende Schraube aufgefangen wird.

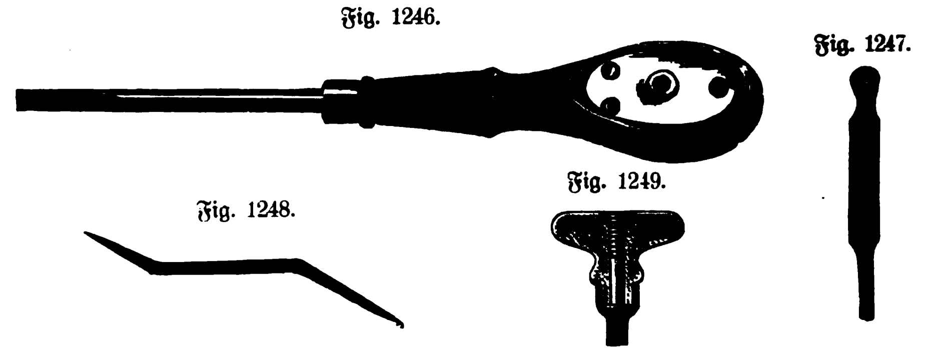


Fig. 1246. Fig. 1247. Fig. 1248. Fig. 1249.

Sind irgend welche Teile mit mehreren Schrauben befestigt, so zieht man nicht erst eine, dann die zweite Schraube an u. s. w., sondern man steckt zunächst alle Schrauben lose in ihre Löcher, schraubt dann eine nach der anderen ein, aber ohne anzuziehen. Erst wenn auch die letzte so weit eingeschraubt ist, beginnt man wieder mit der ersten, zieht dieselbe an, dann eine, welche möglichst diametral gegenüberliegt, sodann zwei über Kreuz liegende u. s. f.

Ebenso schraubt man beim Lösen nicht eine Schraube nach der anderen aus, sondern löst zunächst jede ein wenig, um alle Spannung in dem befestigten Teile aufzuheben, da diese nach Entfernung einiger Schrauben die Lösung der übrigen erschweren würde. Die gelösten Schrauben legt man genau in der Ordnung, in welcher sie an dem Apparate angebracht waren, in ein Pappkästchen mit Fächern, so daß sie nicht verloren gehen können und man beim Zusammensetzen genau darüber orientiert ist, an welcher Stelle eine jede eingeschraubt war. Sind viele gleiche Schrauben vorhanden, so können dieselben wohl meist miteinander vertauscht werden, doch ist man dessen nie ganz sicher. Es wird sich also auch in diesem Falle empfehlen, sich die frühere Ordnung zu merken, denn das nachträgliche Aufsuchen des richtigen Zusammenpassens ist der vielen Permutationen halber, die mit einer auch nur geringen Zahl von Schrauben ausgeführt werden können, eine sehr lästige und zeitraubende Arbeit.

Große Schrauben sind häufig mit cylindrischem, quer durchbohrtem Kopfe versehen. Zur Umdrehung wird ein Drahtstift oder besser ein rundes,

gewöhnlich stumpfwinkelig gebogenes Stahlstäbchen, „Stellstift“ genannt (Fig. 1248), oder ein Durchschlag in das Loch gesteckt und als Hebel benutzt. Manche runde Schraubenköpfe und Muttern (Fig. 1249) sind zum Fassen mit zwei Löchern versehen, so wie dies z. B. bei den Schraubenmuttern an den Zirkelgelenken allgemein bekannt ist. Ist kein besonderer Schlüssel beigegeben, so bedient man sich zum Öffnen derselben einer Rundzange, wie sie sonst zum Drahtbiegen gebraucht wird.

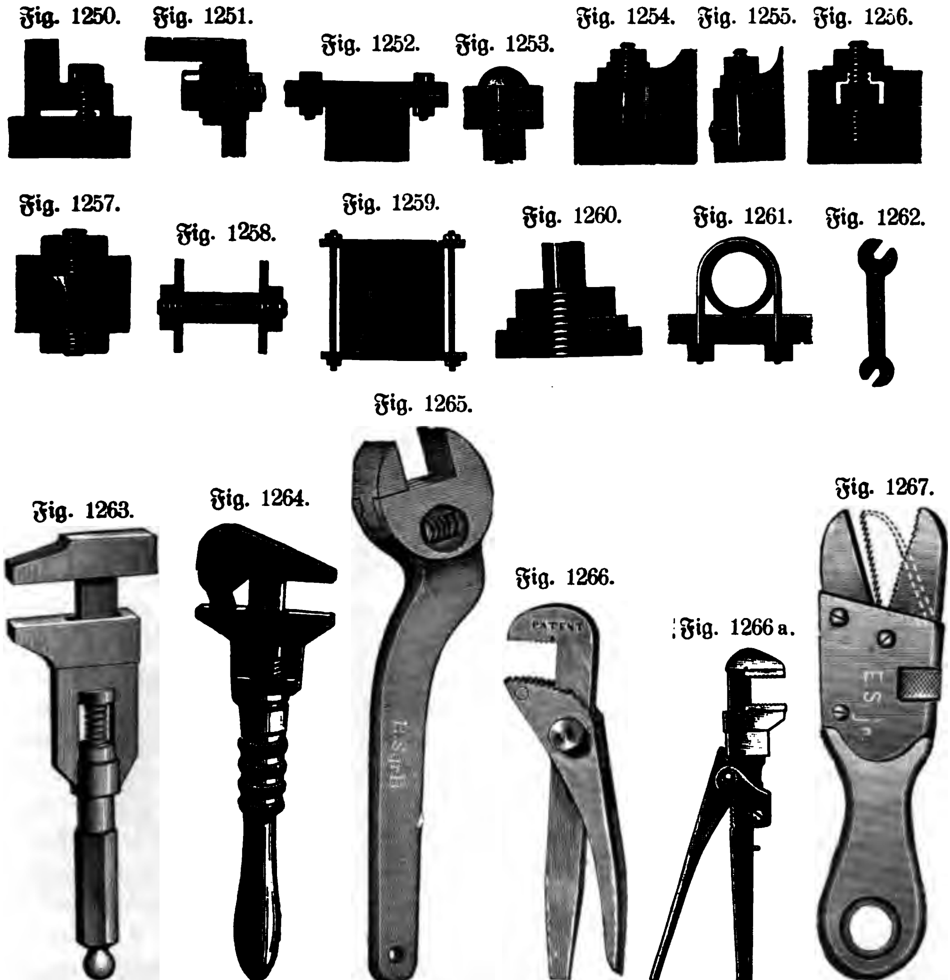


Fig. 1250. Fig. 1251. Fig. 1252. Fig. 1253. Fig. 1254. Fig. 1255. Fig. 1256.
Fig. 1257. Fig. 1258. Fig. 1259. Fig. 1260. Fig. 1261. Fig. 1262.
Fig. 1263. Fig. 1264. Fig. 1265. Fig. 1266. Fig. 1266 a. Fig. 1267.

Sehr große Schrauben erhalten gewöhnlich vier- oder sechseckigen Kopf und ebensolche Muttern[1]).

Beispiele zeigen die Fig. 1250, 1251 und 1252. Andere Formen sind in den Fig. 1253, 1254, 1255, 1256, 1257, 1258, 1259, 1260 und 1261 dargestellt.

Zum Anziehen der Schraubenmuttern dienen Schraubenschlüssel (Fig. 1262), von denen man mindestens einen ganzen Satz besitzen muß, außerdem englische Schraubenschlüssel (Fig. 1263) in den mannigfachsten Abarten (Fig. 1264, 1265, 1266, 1267 und 1266 a) und an schwer zugänglichen Stellen Stockschlüssel

[1]) Bezugsquellen z. B. Brandenburger Metallschraubenfabrik, R. Müller, Brandenburg a. H.; Bernhardt und Philipp, Chemnitz; Gabler und Wrede, Magdeburg S.

(Fig. 1268) eventuell mit vierkantigem Zapfen zum Ansetzen von Verlängerungen (Fig. 1269) oder zum Umdrehen mittels des Wendeisens (Fig. 1228).

Besonders bequem sind die Schraubenschlüssel Fig. 1266 und 1267, welche zugleich das Festziehen von runden Muttern, runden Stäben und Röhren gestatten.

Beim Lösen einer Kopfschraube mit Mutter gebraucht man, falls die Gewinde nicht sehr leicht ineinander gehen, zwei Schraubenschlüssel, den einen zum Festhalten des Kopfes, den anderen zum Umdrehen der Mutter oder umgekehrt.

Ist kein passender Schlüssel im Handel zu erhalten, so wählt man einen der nächst kleineren Sorte und feilt das Maul (eventuell nach vorhergehendem Weichmachen) auf die genügende Weite aus. Besitzt man einen nur wenig größeren Schlüssel, so schiebt man in die Lücke zwischen Schraubenkopf und Maul des Schlüssels so viel Blech- oder Eisenstückchen, bis sie völlig ausgefüllt ist[1]).

Bezüglich der Lösung eingerosteter Kopfschrauben erweist es sich in manchen Fällen zweckmäßig, wenn man zunächst den Versuch macht, die Schraube noch weiter einzuschrauben. Kleine, als Sperrhaken wirkende fremde Teilchen werden dadurch frei, eventuell zertrümmert oder deformiert und die Drehung im entgegengesetzten Sinne wird nun möglich. Öfters gelangt man zum Ziele, wenn man in die Fuge Petroleum oder Benzin einsickern läßt, welches selbst sehr enge Ritzen zu durchdringen vermag, und während dessen die Schraube hin und her zu drehen sucht. Nach einigen vergeblichen Versuchen wird die Schraube etwas nachgeben und damit ist das Spiel gewonnen, denn nun reibt sich bei weiterem Hin- und Herwiegen der Rost ganz von selbst ab und schließlich läßt sich die Schraube leicht völlig herausdrehen. In seltenen Fällen liegt der Grund der Nichtlösbarkeit einer Schraube darin, daß sie mit einem Linksgewinde anstatt mit einem Rechtsgewinde versehen ist. Auch dies kommt bei einem solchen Versuche, entgegengesetzt zu drehen, sofort zum Vorschein, da sich alsdann die Schraube, anstatt hinein, herausschraubt.

Fig. 1268.

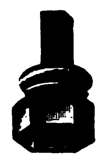


Fig. 1269.



Ist der Schnitt eines Schraubenkopfes verdrückt, so daß auch der beste Schraubenzieher nicht mehr faßt, so sucht man den Schnitt mit einer Metallsäge, speziell mit der Einschnittsäge (Fig. 1270), eventuell mittels eines feinen Meißels zu vertiefen. Ist dies nicht möglich, so setzt man einen kleinen, nicht allzuscharfen Meißel tangential an den Rand des Schraubenkopfes an und führt vorsichtig immer stärkere Hammerschläge darauf, bis die tangentiale Stoßkraft genügt, die Schraube zu drehen. In gleicher Weise verfährt man, wenn der Kopf einer Schraube abgebrochen ist, aber die Bruchfläche von dem Meißel, welcher möglichst wenig gegen die Ebene senkrecht zur Achse geneigt wird, noch erreicht werden kann. Steht gar ein Teil der Schraubenspindel über die Umgebung vor, so faßt man diesen mit dem Feilkloben oder spannt ihn in den Schraubstock, nachdem zwei parallele ebene Facetten daran angefeilt wurden, und sucht nun zu drehen.

Dickere abgebrochene Schrauben kann man zuweilen in der Art entfernen, daß man in der Richtung der Achse ein möglichst großes Loch hindurchbohrt, in dieses ein kantiges, verjüngt zulaufendes Werkzeug, z. B. eine Reibahle eintreibt und damit den Rest der Schraube herausdreht.

[1]) Einen Alligatorschraubenschlüssel, nach Fig. 1267, für vier- und sechskantige und runde Muttern, auch Röhren und Wellen geeignet, liefert E. Sonnenthal, Berlin, zu 4,75 Mk.

Sehr dünne abgebrochene Schrauben bohrt man ganz heraus und schneidet hierauf ein neues Muttergewinde ein, welches natürlich einer dickeren Schraube entspricht. Handelt es sich dabei nur um eine Befestigungsschraube, so ist dies auch meist genügend, in anderen Fällen dagegen mag es unzulässig sein, der neuen Schraube, welche die abgebrochene ersetzen soll, größeren Durchmesser zu geben. Dann verfährt man ähnlich wie der Flickschneider, wenn er ein Loch in


Fig. 1270. Fig. 1271. Fig. 1272. Fig. 1273. Fig. 1274. Fig. 1275. Fig. 1276. Fig. 1277. Fig. 1278. Fig. 1279.

einem Kleidungsstück ausbessert. Man bohrt das Loch wesentlich weiter aus, lötet ein massives Stückchen Metall hinein und bohrt dann ein neues Loch von der vorgeschriebenen Größe in dieses eingeflickte Metallstück.

In Messing abgebrochene eiserne oder stählerne Schrauben können, wie schon erwähnt, ohne Beschädigung des Messings mit Alaunlösung herausgekocht werden.

Besonders häufig werden **Gasröhren** verschraubt unter Benutzung der schon oben (S. 285) beschriebenen **Verbindungsmuffen.**

Zum Einspannen des einen Teiles in den Schraubstock dienen Klemmfutter, wie oben (S. 379) angegeben (Fig. 1271), oder besondere **Rohrschraubstöcke** (Fig. 1272).

Zum Fassen des anzuschraubenden Teiles werden **Rohrzangen** verschiedenster Form gebraucht (Fig. 1273, 1274, 1275, 1276, 1277, 1278, 1279 und 1264). Die

Backen sind halbcylindrisch, einigermaßen der Rohrweite entsprechend ausgehöhlt, gehärtet und mit scharfen kantigen Riefen versehen, welche eine sehr kräftige Reibung bedingen, indem sich die Kanten wie Zähne in das Metall der Röhre etwas eindrücken. Manche Zangen haben nur eine solche Backe, statt der anderen einen einzigen Zahn. Dieselben wirken kräftiger, verursachen aber leichter eine Beschädigung des Rohres. Endlich hat man auch Schlüssel nach Art der Schlüssel für Schraubenmuttern, deren V-förmiges Maul auf beiden Seiten mit entgegengesetzten Zähnen bezw. Riefen versehen ist (Fig. 1267). Sie sind namentlich dann bequem, wenn die Schrauben sich mit geringer Kraftanstrengung lösen lassen. Auch ein gewöhnlicher englischer Schraubenschlüssel läßt sich als Rohrzange benutzen, wenn man ein Stück Rundfeile neben das Rohr bringt, so daß es sich beim Umdrehen klemmt[1]).

Sind Messinghähne, messingene Rohrverbindungsstücke u. dergl. aufzuschrauben, so ziehe man nicht allzufest an, da in Messingguß eingeschnittene Schrauben leicht abgedreht werden können. Damit die Verschraubung dicht hält, bestreicht man die Gewinde vor dem Zusammenschrauben mit Mennige- oder Bleiweißkitt (Mennige oder Bleiweiß mit Leinöl zu einer plastischen Masse verrieben). Ist der Anschluß zwischen beiden Gewinden nicht sehr dicht, so umwickelt man außerdem die Spindelschraube mit langfaserigem, feinem Hanf.

Um eine Gasrohrverschraubung zu lösen, genügen im allgemeinen die Rohrzangen.

Bei Gasröhren, die lange gelegen haben, hat sich indes häufig der zur Dichtung verwandte Kitt so sehr erhärtet, daß das Gewinde nur schwer zu lösen ist. Man beseitigt die Schwierigkeit leicht, indem man die Verbindung etwa bis zum Schmelzpunkte des Siegellacks erwärmt. Schwieriger ist die Lösung, wenn sich Rost zwischen Schrauben, Spindel und Mutter gebildet hat. Man wendet dann dieselben Mittel an wie beim Lösen einer gewöhnlichen verrosteten Schraube. Hilft dies nicht, so legt man die Röhre auf ein annähernd passendes Gesenk auf den Amboß und sucht durch Überhämmern eine Ausdehnung der Schraubenmutter herbeizuführen. Auch rasches Erhitzen in einer kräftigen ringsherum geführten Gebläseflamme führt zuweilen zum Ziele. Ist die Lösung in keiner Art zu bewirken, so schneidet man die Verbindungsstelle mittels eines Rohrabschneiders oder mittels des Meißels durch und setzt ein neues Stück ein, was indes nur sehr selten nötig werden dürfte.

Ist ein Rohrgewinde gebrochen, aber so, daß noch ein Stumpf vorragt, so faßt man es mit der Rohrzange und klemmt diese, wenn nötig, in den Schraubstock oder verwendet statt derselben ein Spannfutter zum Einspannen der Rohre.

Ist ein Rohrgewinde derart gebrochen, daß kein Stumpf mehr vorsteht, so kann man es, falls es nicht allzu fest sitzt, so entfernen, daß man einen vierkantigen, oder runden schwach verjüngten Stahlstab (Reibahle) mit schwachem Druck hineintreibt und nun umdreht, wobei dann das Rohr mitgenommen wird und herausgeschraubt werden kann. Steckt es sehr fest, dann sucht man es mittels eines Meißels zu spalten oder in anderer Weise zu zerstören, wobei freilich das Muttergewinde nicht ganz intakt bleibt.

---

[1]) Sehr dünne Brennerzangen (Fig. 1274) liefern Böffinger u. Schäfer, Frankfurt a. M., zu 1 bis 1,5 Mk.

1) **Die kleine Drehbank.** Wir wenden uns nun zu einem zweiten Hauptgerät der Werkstätte, der **Drehbank.** Für zahlreiche kleine Arbeiten ist eine kleine eiserne Drehbank[1]) (Fig. 1280) zureichend, und zweckmäßiger als die häufig gebrauchten mittelgroßen Drehbänke, da bei einer solchen alle Teile, wie namentlich Vorlage und Supportfixe, so beträchtliches Gewicht haben, daß der Gebrauch namentlich für den Ungeübten recht unbequem und zeitraubend ist.

Die Bank wird vor einem Fenster aufgestellt, aber so, daß sie ringsum frei ist und auch das Fenster zugänglich bleibt. An der Wand in der Nähe muß sich ein Gashahn befinden, um eventuell einen Schlauch mit Bunsenbrenner ansetzen zu können.

Ferner befinden sich dort Wandbretter mit den erforderlichen Drehstählen, Futtern u. s. w.

Am häufigsten gebraucht werden die Handdrehstähle (Fig. 1281, 1282, 1283, 1284 und 1285). Der erste, der sogenannte Grabstichel, dient weitaus zu den meisten Arbeiten. Der Schroppstahl mit halbrunder Schneide (Fig. 1282) dient

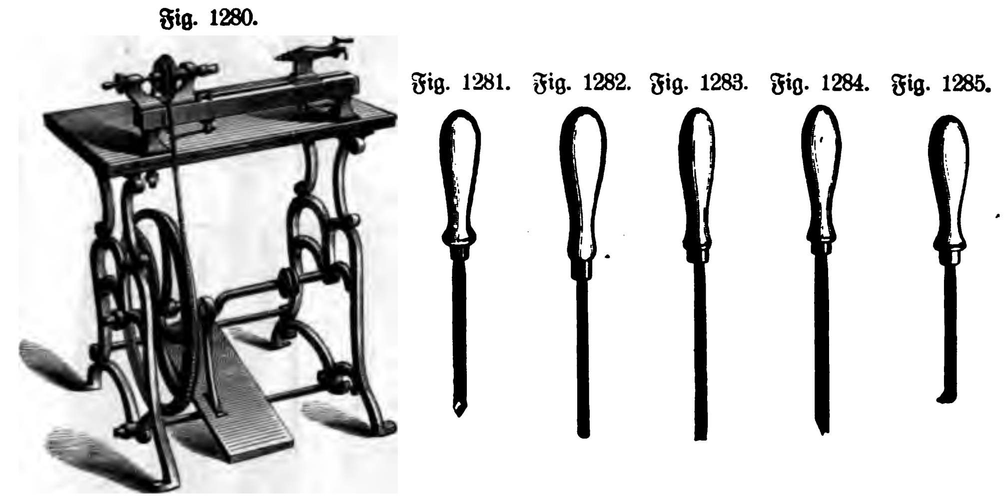


Fig. 1280. Fig. 1281. Fig. 1282. Fig. 1283. Fig. 1284. Fig. 1285.

zur Herstellung halbrunder Rillen, umgekehrt der Façonstahl (Fig. 1284) zur Erzeugung vorstehender abgerundeter Reifen, der Abstechstahl (Fig. 1283) zum Abstechen fertig gedrehter Teile von dem im Futter eingespannten Rohmaterial und der Stahl mit seitlich gerichteter Spitze (Fig. 1285), Ausdrehstahl genannt, zum Ausarbeiten von Höhlungen[2]).

Um Drehstähle selbst herzustellen, schmiedet man ein passendes Stück Gußstahl an einem Ende schlank verjüngt zu, um es in einen hölzernen Griff stecken zu können, und gibt ihm am anderen Ende mit der Feile die gewünschte Form. Auch Abhämmern im schwach rotwarmen Zustande ist nützlich. Drehwerkzeuge für Messing erhalten eine mehr stumpfwinklige Schneide, während solche, welche für Eisen bestimmt sind, eine viel schärfer zulaufende Schneide haben sollen.

---

[1]) Die Drehbank (Fig. 1280) ist zu beziehen von J. G. Weisser Söhne in St. Georgen, Schwarzwald. Andere Bezugsquellen sind: Wolf, Jahn u. Co., Frankfurt a. M.; Flesch u. Stein, Frankfurt a. M.; A. Reinhart, Maschinenfabrik, Frankfurt a. M.-Sachsenhausen, Schifferstr. 26; Julius Geiger, Mechanische Werkstatt, Stuttgart, Mittelstr. 2; Arno Hartmann, Zittau i. S., u. a. — [2]) Zu beziehen von Dick, Eßlingen; Ullrich und Brunner, Werkzeugfabrik, Kempten in Bayern, u. a.

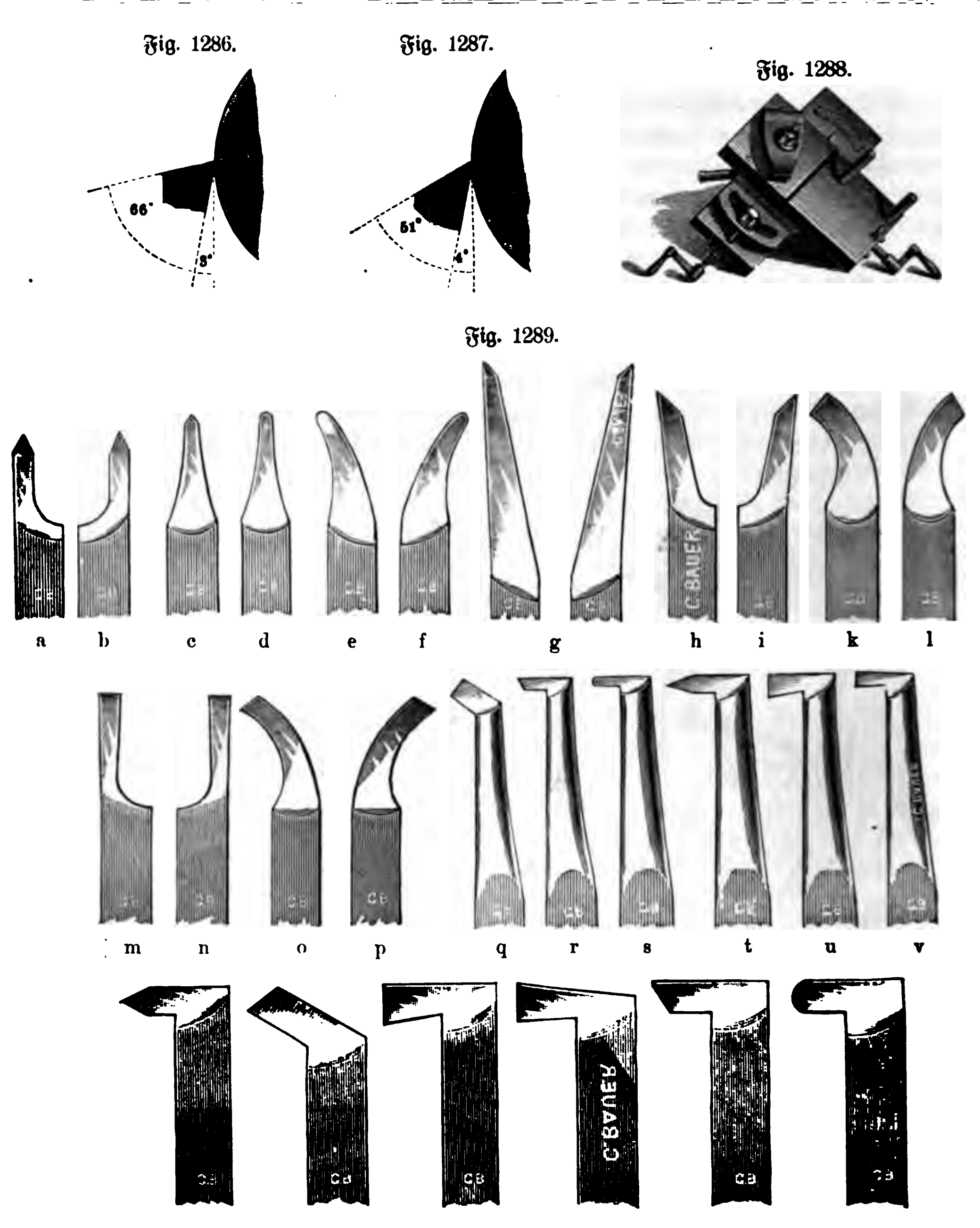


Fig. 1286. Fig. 1287. Fig. 1288.

Fig. 1289.

Die Fig. 1286 gibt den Winkel an, welchen die Schneide für Messing, und Fig. 1287 jenen, welchen sie für Eisen haben soll, sowie die Winkel, unter welchen sie das Arbeitsstück angreifen sollen. Im allgemeinen sollte die absolute Umlaufsgeschwindigkeit bei Eisen nur ein Drittel von jener bei Messing betragen, was man aber bei kleinen und leichten Drehbänken meist nicht genug in seiner Gewalt hat. Die Schnittgeschwindigkeit, d. h. die Geschwindigkeit, mit welcher die abzudrehende Fläche gegen den Meißel läuft, soll nach einigen Angaben für Messing etwa 0,15 m betragen.

Exakter werden die gedrehten Gegenstände, wenn der Stahl nicht der der einfachen **Auflage von Hand**, sondern mittels des **Supportfix** (Fig. 1288) gehalten wird. Geradezu unentbehrlich ist dieser, wenn das abzudrehende Material nicht schon annähernd cylindrische Gestalt besitzt, oder wenn es Vertiefungen enthält, in welchen sich die Spitze des Handstahls fangen könnte. Die **Supportstähle**[1]) erhalten natürlich keinen Handgriff und müssen solche Stärke haben, oder durch **Unterlagen** (Bandeisen, Blech u. dergl.) so befestigt werden, daß sich die Schneide ungefähr in der Höhe der Achse befindet.

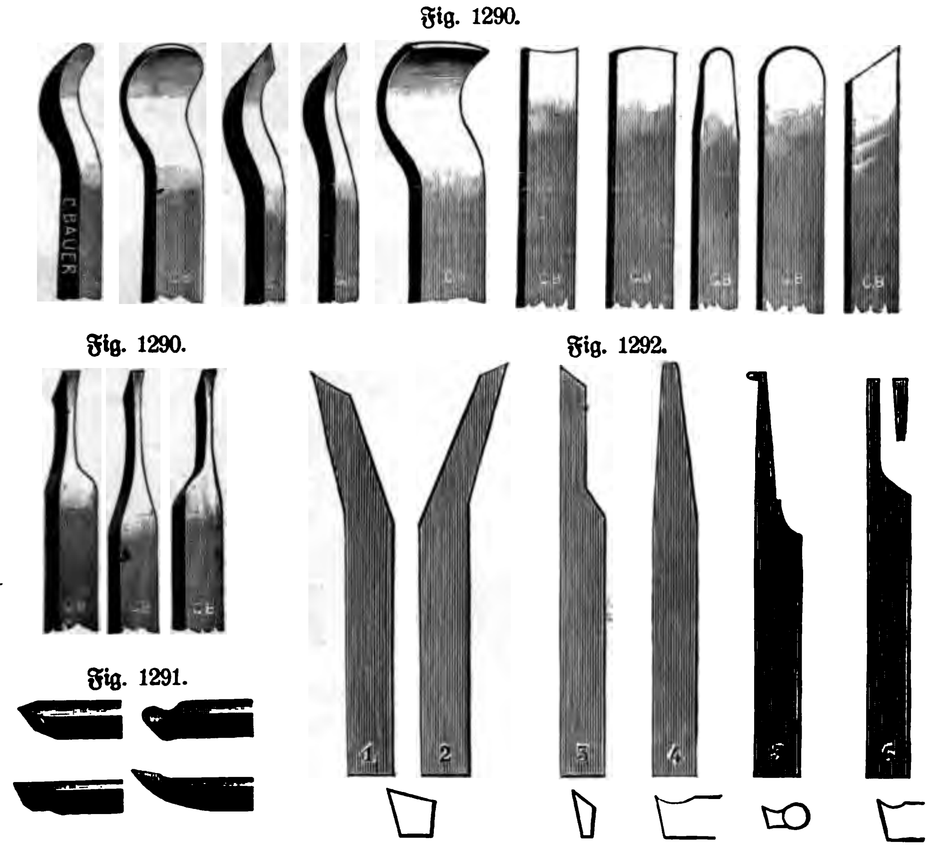


Fig. 1290.

Fig. 1290.

Fig. 1292.

Fig. 1291.

Einige gebräuchliche Formen zeigen die Fig. 1289, 1290, 1291 und 1292. Man steckt die Stähle senkrecht (die Schneide nach oben) in Löcher eines **Holzklotzes** auf dem Wandbrett, so daß man den gewünschten leicht herausfinden kann.

Vor dem Gebrauch der Drehbank überzeuge man sich, daß die gegen die Spindel drückende Spitze fest angezogen ist und die Spindel sich leicht dreht, ohne

---

[1]) „**Rapiddrehstähle**“ aus besonders hartem Stahl (Taylor-Whiteprozeß) liefern **Gebr. Böhler u. Co.**, Akt.-Ges., Berlin und **Albert Thofern** in Hannover. Stähle aus besonders hartem **Ceriumstahl** Ed. **Dünkelberg**, Berlin, Wallstr. 12. **Supportstähle** nach den Fig. 1289, sowie **Hundschlichtstähle** nach den Fig. 1290 liefert **C. Bauer** in München, Frauenstr. 19, zu 0,7 bis 2,5 Mk. das Stück. In Fig. 1289 bedeuten a bis c Spitzgewindestähle, d bis f Halbrundstähle, g Centrumstähle, h Messerstähle rechts, i Messerstähle links, k l Schruppstähle, m n Abstechstähle, o p Schruppstähle seitwärts, die übrigen Haken- oder Ausdrehstähle.

locker zu sein, und daß ebenso auch die Spitzen, zwischen welchen die Schwungradwelle läuft, passend gestellt und durch die Gegenmuttern zuverlässig befestigt sind. Die Drehbankwangen müssen stets rein gehalten werden, das Spindelgewinde und dessen Ansatz, sowie sämtliche Anschraubflächen der Futter sind vor jeder Benutzung abzuwischen, die beweglichen Teile, insbesondere auch die Supportschlitten zu ölen.

Der Gang der letzteren darf nicht zu leicht sein, da sonst der Drehstahl vibriert. Ihre Führungsleisten werden gleichmäßig, aber auch nicht unnötig fest angezogen. Die Bewegungsschrauben dürfen keinen toten Gang haben, ihre Lagerbrücken müssen fest angezogen werden, nachdem zuvor der gangbaren Bewegung entsprechende Zwischenlagen eingeführt wurden. Der obere Supportteil muß spanfrei und fest aufgespannt sein.

Um konische Gegenstände drehen zu können, läßt sich der obere Supportschlitten gegen den unteren um einen mittels Zeiger und Skala meßbaren Winkel

Fig. 1293. Fig. 1295.

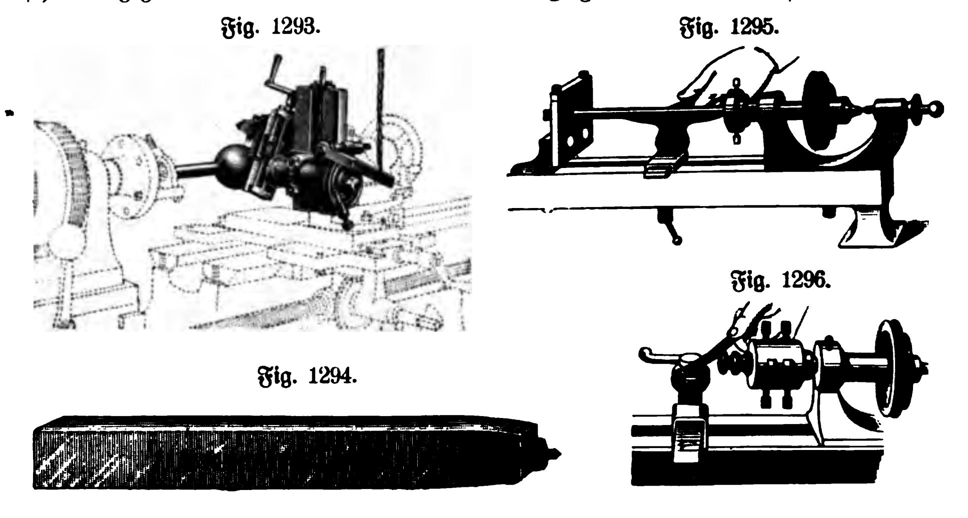


Fig. 1296.

Fig. 1294.

drehen. Man löst zu diesem Zwecke die angebrachte Befestigungsschraube (nur wenig), richtet den Schlitten unter Benutzung eines Holzhammers und zieht dann die Schrauben wieder fest.

Das Abschlichten von Messingkugeln erfolgt mittels eines gehärteten Stahlrohres, dessen Stirnfläche so geschliffen ist, daß die inneren Rohrkanten als Schnittkanten dienen [1]).

Zum Abdrehen gehärteter Stahlteile dienen Stähle mit Diamantspitze [2]).

Beim Drehen von Aluminium werden die Stähle mit einem Gemisch von Petroleum und Tran benetzt.

Über das Drehen von Holz, Vulkanfiber u. s. w. wird weiter unten bei Drechselbank noch näheres angegeben.

Die wichtigste Arbeit beim Drehen ist das Befestigen oder Anfuttern der abzudrehenden Gegenstände an der Spindel. Ein dünner Stab kann in das Zweischraubenfutter (Fig. 1295) eingeklemmt werden, wobei an den Schrauben so

---

[1]) Fig. 1293 zeigt einen besonderen Runddrehsupport, zu beziehen von C. O. Dost u. Co., Maschinenfabrik, Magdeburg N. 15. Eine einfache Kugeldrehvorrichtung nach Fig. 1298 liefert C. Bauer in München, Frauenstr. 19. — [2]) Solche Abdrehdiamanten liefert Sonnenthal, Berlin, zu 130 Mk. (Fig. 1294).

lange reguliert wird, bis er beim Umlaufen nicht mehr hin und her schwankt oder „schlägt“. Ist der Stab so lang, daß er sich durchbiegen würde, so wird das Ende angekörnt[1]), um es durch die Reitstockspitze halten zu können, oder wie die Figur zeigt, in eine sogenannte Lünette lose eingespannt. Dieselbe ermöglicht auch, das vorstehende Ende abzudrehen. Soll die Mitte des Stabes abgedreht werden, so wird die Lünette dorthin gesetzt.

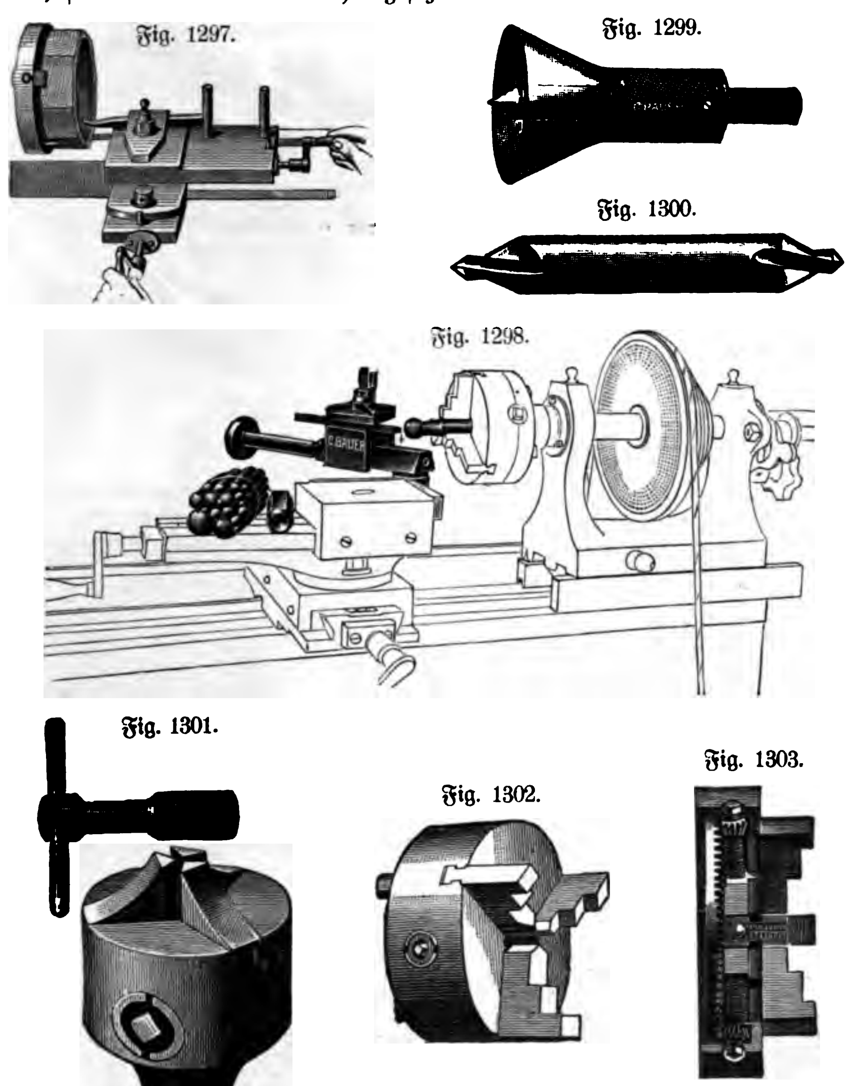


Fig. 1297. Fig. 1299. Fig. 1300. Fig. 1298. Fig. 1301. Fig. 1302. Fig. 1303.

Dickere Stäbe faßt man mittels des Achtschraubenfutters (Fig. 1296), noch dickere oder plattenförmige Körper mittels der Planscheibe (Fig. 1297).

Sind die einzuspannenden Gegenstände schon rund, so werden zweckmäßig die Universalzentrierfutter (Fig. 1301, 1302 und 1303) verwendet, bei welchen

[1]) Einen einfachen Centrierkopf nach Fig. 1299 liefert C. Bauer in München, Frauenstr. 19, zu 3,5 Mk. Derselbe liefert auch den Centrierbohrer, Fig. 1300, zum gleichzeitigen Anbohren und Versenken der Drehstücke zu 0,6 Mk.

die drei oder vier Spannbacken so miteinander verbunden sind, daß sie sich beim Drehen der Spannschraube mittels des bei Fig. 1301 daneben gezeichneten Schlüssels gleichzeitig der Achse nähern, so daß der Gegenstand ohne weiteres zentrisch befestigt ist. Sie nutzen sich allerdings bei längerem Gebrauch erheblich ab und werden infolgedessen unzuverlässig. Für feinere Arbeiten werden darum die soge-

Fig. 1304. Fig. 1307.

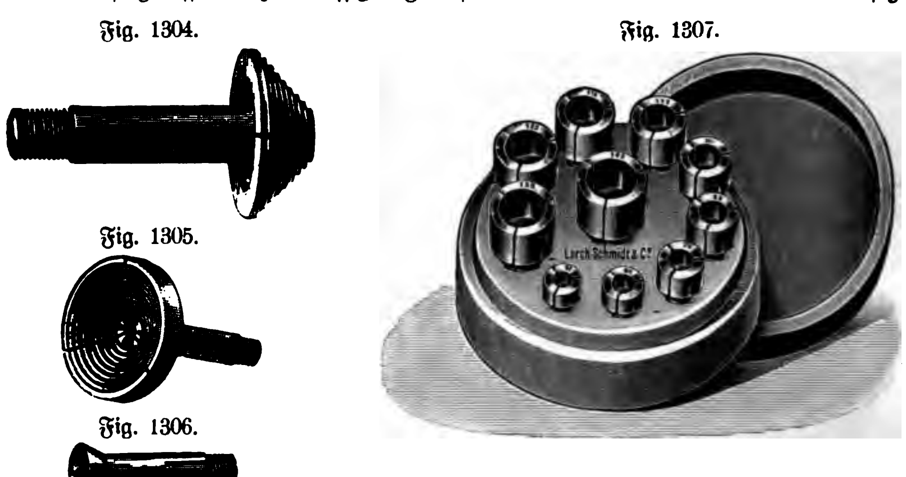


Fig. 1305.

Fig. 1306.

Fig. 1308.



nannten „Amerikanischen Zangen“ gebraucht [1]) (Fig. 1304, 1305, 1306, 1307 und 1308 [Drehstuhl von Lorch, Schmidt u. Co. in Frankfurt a. M.]).

Zum Einklemmen façonierter Gegenstände, z. B. von Schrauben, dient das Façonspannfutter [2]) (Fig. 1311), dessen Backen entsprechende Ausschnitte haben. Die genaueste Methode des Abdrehens ist die zwischen Spitzen (Fig. 1312), wobei

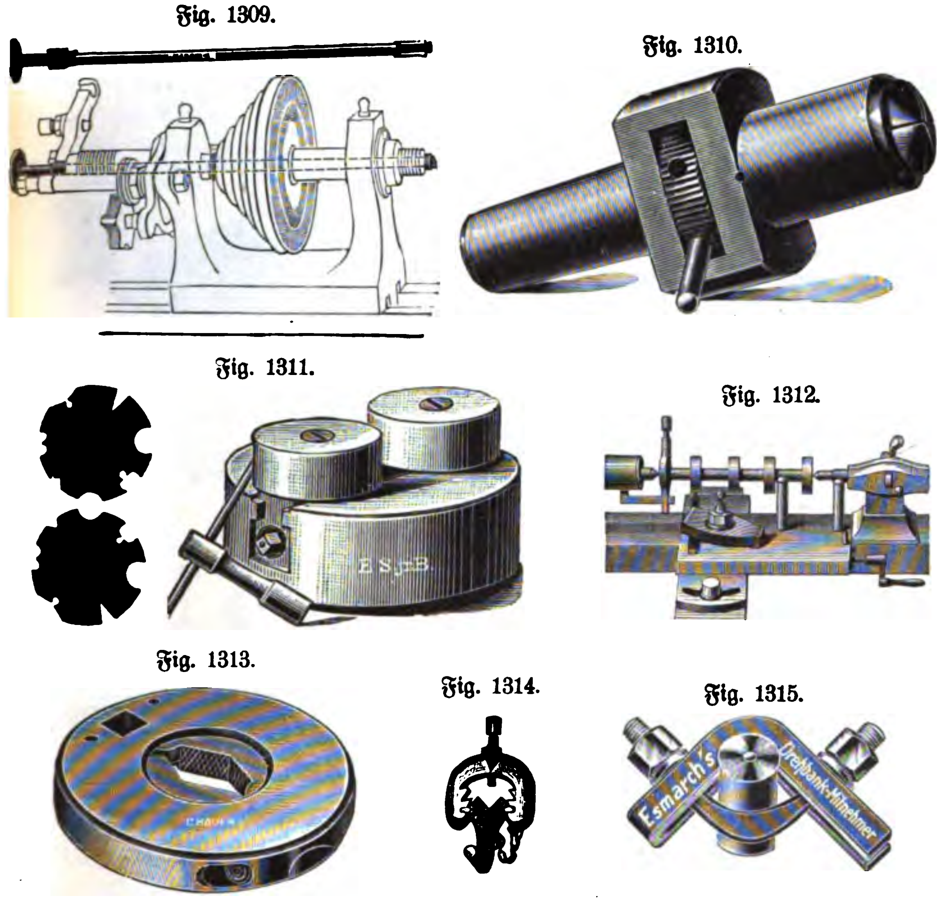


Fig. 1309. Fig. 1310. Fig. 1311. Fig. 1312. Fig. 1313. Fig. 1314. Fig. 1315.

der abzudrehende Gegenstand an beiden Enden angekörnt und zwischen Spindel und Reitstockspitze geklemmt wird. Der Mitnehmer [3]) (Fig. 1312 links), welcher an das

[1]) Eine Vorrichtung zum Einspannen mittels Amerikanerzangen und Stufenfuttern auf jeder beliebigen Drehbank mit durchbohrter Spindel, Fig. 1309, liefert C. Bauer in München, Frauenstr. 19, zu 9 Mk., dazu einen Satz Zangen von 10 Stück zu 13,75 Mk. und desgl. einen Satz von 5 Stück Stufenfuttern. Zangen sind zu beziehen von G. Remmler, Frankfurt a. M., Schloßstr. 36 (von 1,2 bis 8 mm Bohrung). Zehn Zangen 2,4 bis 7,8 mm, von 0,6 zu 0,6 mm ansteigend, kosten 45,60 Mk., und zwar einschließlich eines Futters, welches auch an Drehbänken mit nicht durchbohrter Spindel angebracht werden kann. Fig 1310 zeigt eine andere Form, welche von der Werkzeughandlung von Grundmann und Kuhn in Berlin zu beziehen ist. Direkt mit Amerikanerzangen ausgerüstete Drehbänke liefern Lorch, Schmidt u. Co. in Frankfurt a. M. und Flesch und Stein daselbst; W. Eisenführ, Berlin S. 14; Beling u. Lübke, Berlin SO., Admiralstr. 16. — [2]) Zu beziehen von Sonnenthal, Berlin. — [3]) Einen gefahrlosen Mitnehmer nach Fig. 1313 liefert C. Bauer in München, Frauenstr. 19.

auf den Gegenstand aufgeschraubte Drehherz [1]) anliegt, bewirkt, daß derselbe von der umlaufenden Spindel mitgenommen wird.

Zum Ankörnen kleiner runder Stücke dient zweckmäßig ein stählerner Trichter, in dessen Hals sich der Körner verschieben läßt (Fig. 1299), für größere die Vorrichtung Fig. 1316.

Bei schwereren Arbeitsstücken werden die Körnerpunkte mit einer tiefergehenden Bohrung versehen. Zum Ankörnen runder Wellen mit unrunden Enden setzt man dieselben auf Schwalbenschwanzböcken auf die Richtplatte und ritzt mit dem

Fig. 1316.

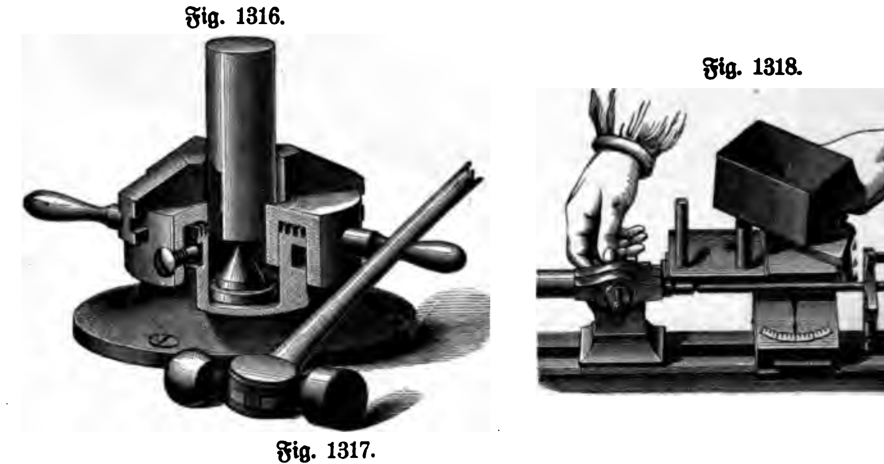


Fig. 1318.

Fig. 1317.

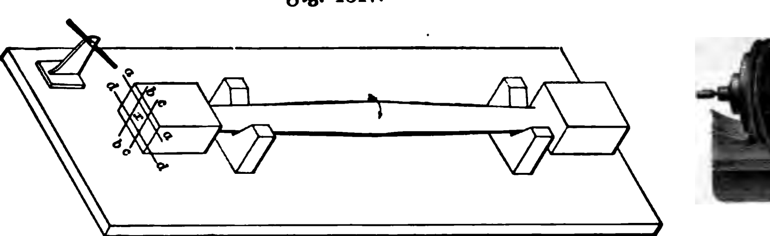
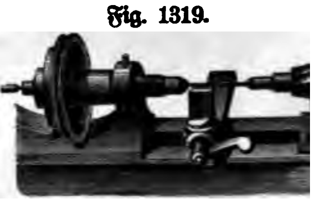


Fig. 1319.



stehenden Streichmaß unter viermaligem Drehen um 90° Marken ein (Fig. 1317). Zum Abdrehen rohrförmiger Arbeitsstücke wird auf die Reitstockspitze ein größerer drehbarer Konus aufgesetzt.

Anstatt die Spitzen an der Drehbank anzubringen, kann auch, wie Fig. 1318 zeigt, der Gegenstand selbst mit solchen versehen werden, wobei dann die Drehbankspitzen durch sogenannte Hohlkörner oder Trichterspitzen ersetzt werden.

Zum Abdrehen sehr dünner Stäbchen kann, wenn keine besondere Genauigkeit erforderlich ist, an die Spindel ein solcher Hohlkörner mit viereckigem oder sternförmigem Loch aufgesetzt werden, so daß das entsprechend zugefeilte Ende des Stäbchens ohne Herz und Mitnehmer mitgenommen wird (Fig. 1319).

Zweckmäßig sind auch ähnliche Hohlkörner, welche mit den gebräuchlichen Gewinden versehen sind, so daß Gegenstände mit Gewinde einfach eingeschraubt werden können.

Durchbohrte Gegenstände befestigt man durch Auftreiben auf einen möglichst

[1]) Ein verstellbares amerikanisches Drehbankherz zeigt Fig. 1314 (zu beziehen von Hommel in Mainz). Esmarchs Mitnehmer (Fig. 1315) liefert Heinrich Reinoldt, Remscheid. Einen Drehbankmitnehmer von der Form einer kreisförmigen Scheibe (Fig. 1313) liefern S. Neumann u. Co., Stuttgart.

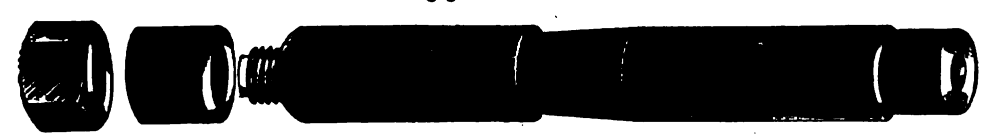
schlank konischen Dorn, welcher dann entweder mittels eines Futters oder zwischen Spitzen in gewöhnlicher Art mit der Spindel in Verbindung gebracht wird. Durch einige Hammerschläge auf das dünnere Ende wird der Dorn nach beendeter Arbeit wieder herausgetrieben[1]).

Sehr viel gebraucht werden Holz- und Messingfutter, welche mit Gewinde versehen sind, um sie direkt auf die Spindel aufschrauben zu können. Zu diesem Zwecke wird jeder Drehbank ein dem Spindelgewinde entsprechender Gewindebohrer beigegeben. Ganz besonders finden solche Futter Anwendung zum Auffuttern von Röhren.

Die abzudrehenden Gegenstände werden auf dem Holzfutter durch Auftreiben, Eintreiben, Kitten mit Siegellack, Anschrauben mit Holzschrauben u. s. w. befestigt. Das Zentrieren erfolgt, indem man vor der definitiven Befestigung, z. B. vor dem Erkalten des Siegellacks, die Reitstockspitze gegen das Zentrum andrückt und dann in dieser Stellung erkalten läßt.

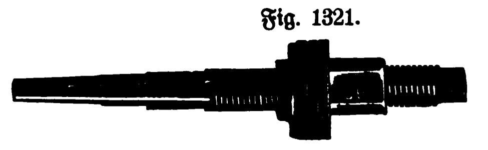
Sehr dünne Messingteile, welche plan gedreht werden sollen, werden mit einem Kitt[2]), bestehend aus Kolophonium und Wachs (oder besser Olivenöl)

Fig. 1320.



auf einem soliden Rotgußfutter befestigt, welches jede Deformation verhindert und auch bis zu gewissem Grade kalt hält. Sollte das Stück dennoch zu warm werden, so muß man während des Drehens durch fein zerstäubtes Wasser kühlen. Solche Kühlung ist entbehrlich bei der „Lötscheibe“, auf welche die Gegenstände mit Zinn oder auch Roseschem Metall aufgelötet werden. Schwache Erhitzung genügt, um sie nach dem Drehen wieder abzulösen.

Fig. 1321.



m) Das Schleifen und Polieren auf der Drehbank[3]). Zum Schleifen kleinerer Werkzeuge benutzt man eigentliche Schmirgel- oder Karborundumscheiben,

Fig. 1322 a. Fig. 1322 b.



wie bei Schleifmaschinen oder Holzschmirgelscheiben, bestehend aus einer genau abgedrehten Holzscheibe, auf welche Schmirgelpapier aufgeleimt wurde. Auch mit

---

[1]) Drehbolzen für Bohrungen bis 50 mm nach Fig. 1320 liefert C. Bauer in München, Frauenstr. 19, zu 3,35 bis 7,80 Mk. Derselbe liefert einen Universaldrehdorn, Fig. 1321, für Lochdurchmesser von 10 bis 40 mm zu 24 bis 60 Mk. — [2]) Die Herstellung des Kittes beschreibt H. Schröder, Deutsche Mechanikerzeitung 1896, S. 57. — [3]) Schleif- u. Poliermittel in Stangenform, Fig. 1322 a und b, das Kilo zu 0,9 bis 3 Mk. liefert C. Bauer in München, Frauenstr. 19. Dieselben werden ohne weiteren Zusatz von Öl oder Fett an die Bürste, Filz- oder Nesselscheibe während deren Umdrehung

Schmirgel bestrichene Scheiben aus Zink und Kupfer finden öfters Anwendung, namentlich zum Schleifen sehr feiner gehärteter Stahlstücke, und zwar wird dann als Schleifpulver fein geschlemmter Ölstein (für die feinsten Objekte Diamantstaub) verwendet.

Statt der Holzscheiben, welche bei großer Tourenzahl zuweilen zerspringen und Unheil anrichten können, werden neuerdings Schleifscheiben aus Kork (Suberit) hergestellt, welche direkt mit Schmirgelpulver beleimt sind.

Zum Ausschleifen eines Messingrohres befestigt man an der Drehbank einen cylindrischen hölzernen Kolben von entsprechendem Durchmesser, welcher der Länge nach durch einen Sägeschnitt geschlitzt ist (Fig. 1323) und durch Einschieben eines Keiles etwas aufgetrieben werden kann. Er wird mit Schmirgelpulver und Öl bestrichen oder mit einem Stück Schmirgelpapier versehen, welches an einer Seite, um ihm Halt zu geben, in den Schlitz eingeschoben wird.

Auch ein gut angepaßtes, mit Schmirgelbrei bestrichenes Bleistück, welches an der Welle befestigt wird, wird häufig benutzt.

Wollte man etwa ein pneumatisches Feuerzeug selbst machen, so nimmt man ein Stück Messing von der erforderlichen Dicke (schon hohl gegossen, ist bequemer, aber nicht nötig; aus Blech gelötet, erschwert es das Bohren sehr), durchbohrt ein Stück Holz, das auf der Drehbank befestigt ist, in solcher Weite, daß man das Messing

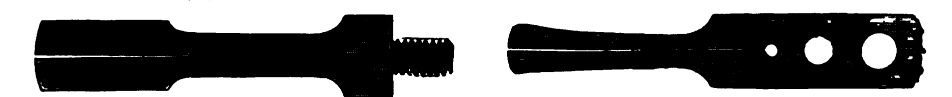


Fig. 1323. Fig. 1324.

hineinschlagen kann, dreht das Messing am Kopfe ab, versieht es mit einer Vertiefung und durchbohrt es mit einem Kanonenbohrer. Besser ist es, zwei oder drei Bohrer nacheinander anzuwenden. Man nimmt dann das Holz mit dem Messing von der Drehbank, steckt einen starken Eisendraht hindurch, verstopft es einerseits und gießt es mit Blei aus. Der Draht mit dem Blei kommt nun auf die Drehbank, wird mit Schmirgel und Öl bestrichen und damit die Röhre ausgeschliffen (unter fleißigem Drehen und Hin- und Herfahren der Röhre). Gewöhnlich muß man mehrere Bleikolben nach einander anwenden; zuletzt nimmt man feines Bimssteinpulver mit Öl.

Zum Abschleifen eines Rohres auf der äußeren Seite dient eine Holzkluppe mit Scharnier (Fig. 1324), d. h. zwei durch ein Scharnier verbundene Holzstäbe, welche mit Aushöhlungen zur Aufnahme des Gegenstandes verbunden sind. Man gibt etwas Schmirgel mit Öl auf, läßt den Gegenstand auf der Drehbank umlaufen und klemmt die Kluppe mit der Hand zusammen.

---

angehalten, haften leicht an denselben und erzielen ungemein rasch den reinsten Schliff und die feinste Politur. Die Filzscheiben sollen in der Minute 1800 bis 2000 Touren, die Nesselscheiben 2000 bis 2500 Touren machen. Die Komposition A dient zum Schleifen, B zum Polieren und zwar speziell „Tripoli-Komposition" zum Polieren von Messing, Kupfer, Aluminium, Horn, Knochen, Hartgummi und „Weißkomposition" für Neusilber und vernickelte Gegenstände. Zum Hochglanzpolieren dient Polierrot M, für Messing, Kupfer, Nickel (S für Silber, G für Gold). Dieselbe Firma liefert Schmirgelleinen, Schmirgelpapier und französisches Rougepapier für Hochglanzpolitur in den verschiedensten Qualitäten, 100 Bogen zu 4 bis 9 Mk.; ferner Schmirgel- und Karborundumschleifräder in den verschiedensten Formen.

Solche **Polierzangen** aus Metall werden zweckmäßig mit Weißmetall ausgefüttert, in welches sich das Poliermittel (feiner Schmirgelstaub) einprägt.

Soll ein cylindrischer Stab einen Strich parallel der Achse erhalten, so spannt man ihn fest ein und zieht die Schleifkluppe, welche nun an beiden Enden gefaßt wird, längs desselben hin und her.

Um einen **Konus einzuschleifen**, z. B. einen Hahnzapfen, bestreicht man denselben einfach mit Schmirgelbrei [1]) und dreht ihn so lange in seiner Hülse, indem man ihn zeitweise lüftet, um die gleichmäßige Verteilung des Schmirgels und das Zutreten von neuem zu ermöglichen, bis sowohl Zapfen wie Hülse gleichmäßig matt geworden sind.

Kleinere Bohrungen in Hahnzapfen führt man erst nach dem Schleifen aus. Größere schon vorhandene Löcher werden vor dem Einschleifen mit Messing oder hartem Holz ausgefüllt, welches mit dem Zapfen abgedreht wird, damit das Schleif-

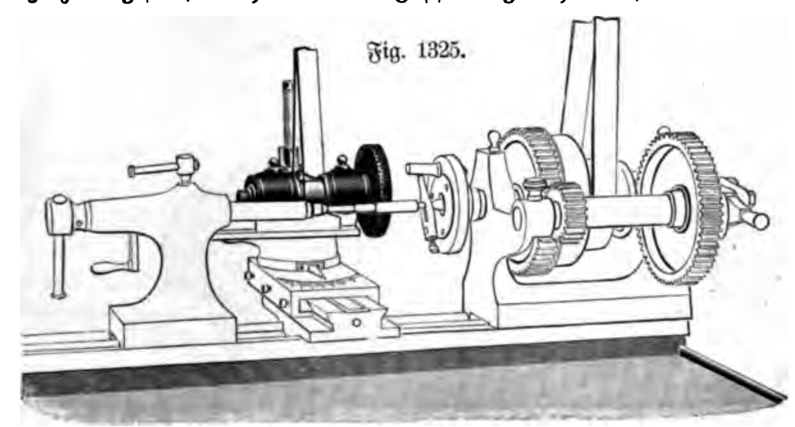


Fig. 1325.

mittel an allen Stellen gleichmäßig angreift. Wesentlich ist, daß der Konus schon vor dem Schleifen genau in seine Hülse paßt, was sich leicht erreichen läßt, falls beide nacheinander ohne eine Änderung an der Schrägstellung des Supportschlittens abgedreht werden.

Einen Apparat zum Schleifen von Spitzen und Wellen nach Fig. 1325 liefert M. **Selig jun. u. Co.**, Berlin NW., Karlstraße 20.

n) **Das Bohren auf der Drehbank.** Man benutzt fast ausschließlich **Spiralbohrer** [2]), welche in ein geeignetes, selbst zentrierendes Bohrfutter (Fig. 1327, 1328, 1329 und 1330) eingespannt werden [3]).

Die Bohrer müssen sich wohlgeordnet auf einem Wandbrett in der Nähe befinden. Um den passenden zu finden, mißt man zunächst die Dicke des Drahtes oder Stäbchens, welches in die Bohrung passen soll, mittels des Dickenmessers oder der Drahtlehre. Um die Weite eines als Muster dienenden gebohrten Loches festzustellen, dienen sogenannte **Kaliberbolzen**, d. h. schlank konische Bolzen mit

[1]) Für Messinghähne ersetzt man den Schmirgel durch feines geschlemmtes Bimssteinpulver, weil sich dasselbe nicht wie der Schmirgel in die Poren des Messings festsetzt und so rasche Abnutzung he beiführt. — [2]) Einen vernickelten Metallblock mit einem Satz Spiralbohrer nach Fig. 1326 liefern **Delisle** und **Ziegele** in Stuttgart zu 15 Mk. — [3]) Ein einfaches Bohrfutter genannt „Elektra“ liefert M. **Selig jun. u. Co.**, Berlin NW., Karlstr. 20 zu 6 bis 15 Mk. Eine nach Art der Amerikanerzangen eingerichtete Universalspannzwinge für Gewindebohrer u. s. w. ist zu beziehen von **Focke** u. Co., Leipzig.

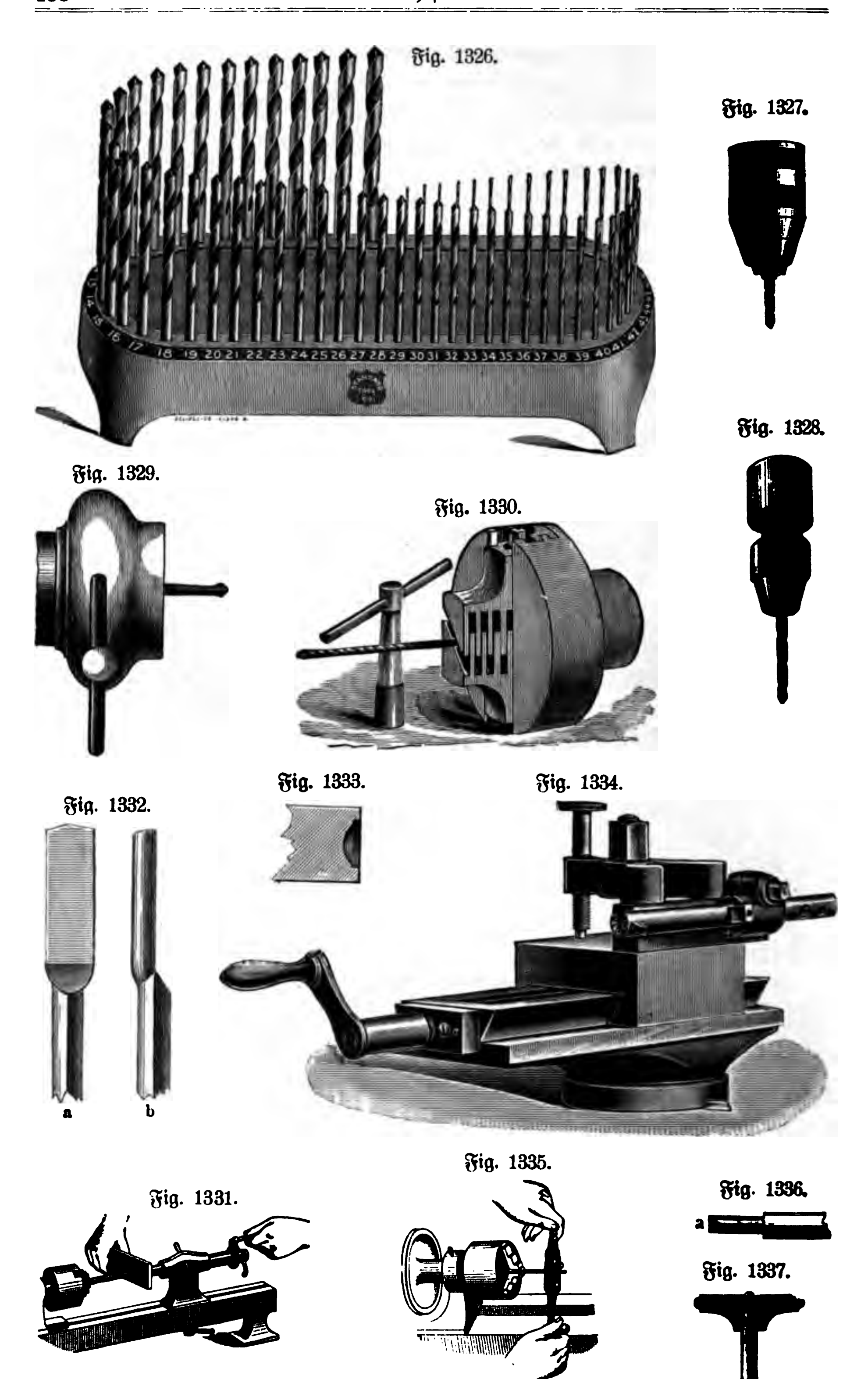


Fig. 1326.

Fig. 1327.

Fig. 1328.

Fig. 1329.

Fig. 1330.

Fig. 1332.

a b

Fig. 1333.

Fig. 1334.

Fig. 1335.

Fig. 1331.

Fig. 1336.

a

Fig. 1337.

Teilung, welche für jede Stelle den Durchmesser angibt, oder eine Lochleere. Auch diese Instrumente müssen bequem zur Hand sein.

Sehr wesentlich ist das richtige Schleifen der Spiralbohrer. Hierzu sind im Handel besondere Spiralbohrerschleifmaschinen zu erhalten, welche mit der Drehbank in Verbindung gebracht werden können[1]).

Dünne Bohrer werden möglichst in Fassungen (genau passenden Hülsen, Patronen) gesetzt, damit sie sich beim Anbohren nicht biegen, verlaufen oder abbrechen.

Sehr häufig werden Löcher auf der Drehbank in der Weise gebohrt, daß man den Gegenstand umlaufen läßt und den in einem Feilkloben befestigten und mit dem stumpfen Ende an den Hohlkörner des Reitstocks anliegenden Bohrer durch Verschieben der Reitstockpinole dagegen andrückt. Dabei wird das Loch nicht mit dem Körner angekörnt, sondern man sticht einen sogenannten laufenden Kernpunkt ein, entweder mit dem Grabstichel oder durch eine mit vier Schneidekanten versehene Reitstockspitze oder auch mittels eines sogenannten Anbohrers, d. h. eines gewöhnlichen Bohrers, welcher in einen Griff (Bohrpatrone) eingesetzt ist und wie ein Drehstahl auf die Vorlage aufgelegt wird. Für Löcher, welche genau cylindrisch werden sollen, werden die sogenannten Kanonenbohrer empfohlen. Fig. 1332 zeigt einen solchen. Weil die Spitze nicht in der Mitte ist, so muß man dem Kanonenbohrer eine Öffnung vordrehen, wie Fig. 1333 zeigt, so daß die Spitze anfänglich hohl läuft. Dadurch, daß die Spitze seitwärts ist, schneidet sie ebenfalls und braucht sich nicht einzuwühlen.

Für weite Löcher werden Bohrstangen wie Fig. 1334 benutzt. Dazu passende Halter liefern M. Selig jun. u. Co., Berlin NW., Karlstraße 20.

o) Das Schraubenschneiden auf der Drehbank. Im einfachsten Falle schneidet man die Schrauben mit der Kluppe, wie Fig. 1335 zeigt, indem man das mit Gewinde zu versehende Stäbchen umlaufen läßt und die Kluppe mit der Hand festhält. Ebenso kann man Gewinde einschneiden, indem man den Gewindebohrer mit dem Feilkloben festhält und die herzustellende Mutter vorsichtig umlaufen läßt. In beiden Fällen nimmt man zweckmäßig den Riemen ab und dreht die Spindel nur mit der Hand[2]).

Ziemlich oft braucht man Griffschrauben mit breitem Messingkopfe. Man sägt dazu entweder ein viereckiges Stück aus einer Messingplatte, körnt es an, ritzt mit dem stählernen Federzirkel einen Kreis darauf und befeilt es roh rund, oder man sägt eine runde Scheibe von einem Messingstabe herunter. Wenn die Scheiben gebohrt sind, richtet man den Schaft entweder auf der Drehbank, wie Fig. 1336, um den dünnen Teil nur durch einige Schläge in das gebohrte Loch der Scheibe treiben zu können, oder man befeilt diesen Teil eckig und treibt ihn ein (Fig. 1337); in jedem Falle wird er dann gewöhnlich mit Zinn verlötet. Der über den Kopf hervorstehende Zapfen *a* dient zum Einspannen auf die Drehbank; er wird zuletzt weggefeilt und dann wird entweder die ganze obere Fläche des Kopfes ebengefeilt

[1]) Eine solche Maschine für Bohrer von 0 bis 10 bezw. 0 bis 25 mm, welche auf jeder Drehbank verwendet werden kann, liefert E. Sonnenthal, Berlin, zu 170 bezw. 260 Mk. Andere Schleifmaschinen wurden schon S. 405 erwähnt. — [2]) Für größere Schrauben wurden selbsttätig ausrückende Gewindeschneidköpfe konstruiert (von der Leipziger Werkzeugmaschinenfabrik vorm. W. v. Pittler, Leipzig-Wahren), dieselben haben sich indes nicht bewährt.

oder die fertige Schraube in ein Holzfutter gesteckt und auch diese Seite abgedreht. Gewöhnlich erhalten solche Köpfe einen gerippten Rand, der einfach dadurch erhalten wird, daß man gegen den als ein halbrundes Stäbchen abgedrehten Rand ein sogenanntes Randerierrad (Fig. 1338) hält und nun die Drehbank rasch umlaufen läßt.

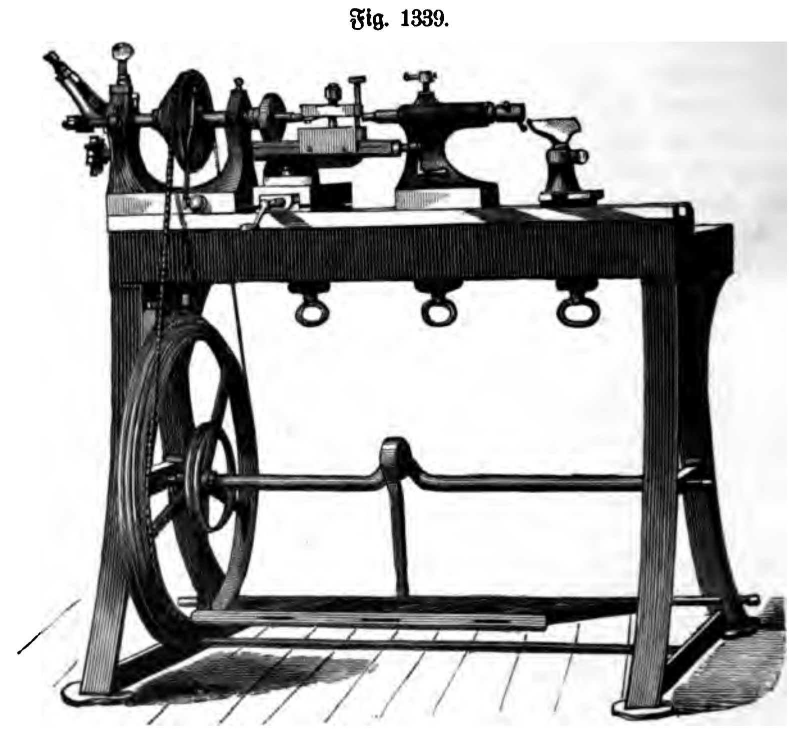
Unentbehrlich zur Herstellung exakter Schrauben von größerem Durchmesser, insbesondere von Fernrohrgewinden u. dergl. ist eine Patronendrehbank mit sogenannter fliegender Spindel und für längere Schrauben eine Drehbank mit Leitspindel.

Fig. 1338.

Die Patronendrehbank[1]) (Fig. 1339) muß einen sogenannten langsamen Gang, d. h. einen extra kleinen Schnurlauf am Schwungrade von einem Drittel des Raddurchmessers besitzen.

Wie aus der Figur zu ersehen, wird die Spitze, welche gewöhnlich das Ende der Spindel festhält, weggenommen, so daß sich die Spindel in ihren Lagern

Fig. 1339.



verschieben läßt. Durch Anlegen des das Muttergewinde enthaltenden Sterns an die mit Gewinde versehene aufgesteckte Patrone wird bewirkt, daß sich die Spindel während des Umlaufs langsam verschiebt, so daß ein spitzer Stahl in den aufgefutterten Gegenstand eine schraubenförmige Nut eingräbt, welche je nach der

[1]) Zu beziehen von Sonnenthal, Berlin; J. G. Weisser, St. Georgen, Schwarzwald; Ferd. Kunad, Werkzeugmaschinenfabrik, Plagwitz bei Leipzig, Albertstraße 29; G. Kärger, Berlin O., Gewerbehof, Krautstraße 52; Haack und Krebs (vorm. Wagner und Andreas), Werkzeugmaschinenfabrik, Leipzig=Eutritzsch, Dübener Chaussee, u. a.

Form des Stahles spitz wie bei Fig. 1341 oder flach wie bei Fig. 1340 sein kann. Gewöhnlich werden nur spitzgängige Schrauben hergestellt, und zwar mittels sogenannter Schraubstähle[1]) (Strähler), wie sie die Fig. 1342 und 1343 zeigen. Die erstere Art dient für innere, letztere für äußere Gewinde. Beispiele auf der Drehbank hergestellter Gewinde zeigen die Fig. 1344, 1345, 1346, 1347, 1348, 1349, 1350, 1351, 1352 und 1353[2]).

Beim Zusammenschrauben feiner Gewinde von großem Durchmesser, z. B. Fernrohrgewinden, hat man sehr darauf zu achten, daß von Anfang an richtiger Eingriff der Schraubengänge von Spindel und Mutter stattfindet. Häufig glaubt man den richtigen Eingriff gefunden zu haben, allein allmählich wird die Drehung immer schwerer und schwerer. In solchem Falle dreht man sofort wieder zurück, sobald der Widerstand fühlbar wird, denn durch gewaltsames Weiterdrehen würden die Gewindegänge zerstört und damit das Zusammenschrauben überhaupt

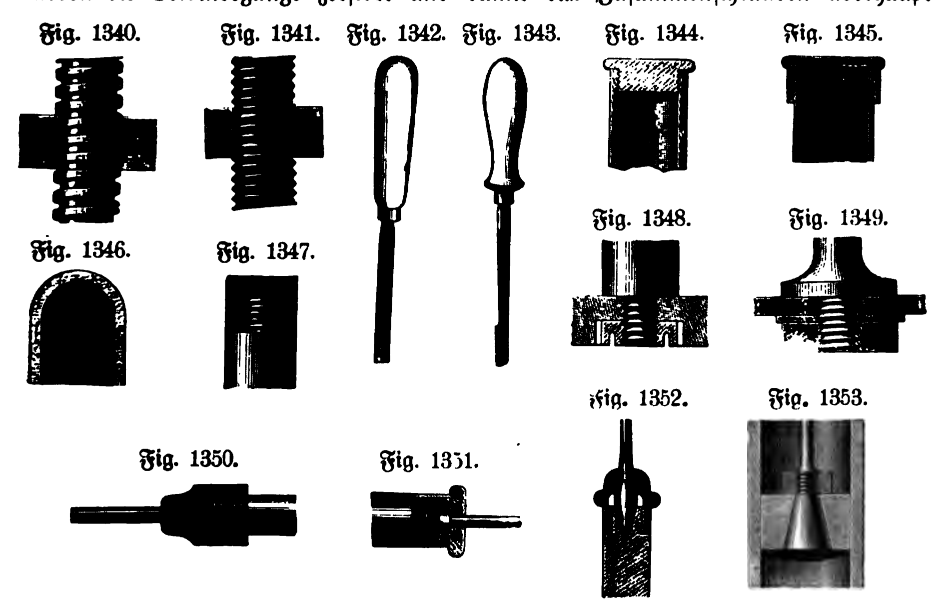


Fig. 1340. Fig. 1341. Fig. 1342. Fig. 1343. Fig. 1344. Fig. 1345. Fig. 1346. Fig. 1347. Fig. 1348. Fig. 1349. Fig. 1350. Fig. 1351. Fig. 1352. Fig. 1353.

unmöglich. Man probiere also mit Geduld, bis man die richtige Stellung gefunden hat, am besten, indem man zunächst rückwärts dreht, bis man ein Knacken hört und dann sofort wieder vorwärts schraubt. Bei gutem Augenmaß hat man übrigens an der parallelen Stellung der zu verschraubenden Teile eine einfache Kontrolle.

Zum Lösen solcher Gewinde gebraucht man eine hölzerne Kluppe mit langen Schenkeln, welche man sich, wenn nötig, aus zwei langen Latten oder Brettstücken selbst herstellt. Die einen Enden werden durch ein Scharnier, etwa ein Lederband, verbunden und in der Nähe desselben ausgehöhlt, oder mit ausgehöhlten

[1]) Zu beziehen von Gebr. Brill, Maschinenfabrik, Barmen. — [2]) Messingröhren sind zu beziehen von Max Cochius, Berlin S., Ritterstr. 113; Goliasch u. Co., Metallwarenfabrik, Berlin SW., Lindenstr. 23; Fritz Lotz u. Co., Berlin SW., Alte Jakobstr. 13; Kuno Mair, Metallwarenhandlung, München, Sennefeldstraße. Natlose Stahlrohre liefert die Berliner Werkzeugmaschinenfabrik, Akt.-Ges., vorm. L. Sentker, Berlin N., Müllerstr. 35; speziell Mannesmannrohre: Theodor Schriefer, Eisen-, Stahl- und Blechhandlung, Magdeburg-Neustadt, Güterbahnhof.

Holzbacken versehen, zwischen welche man den Gegenstand einklemmen kann, ganz ähnlich, wie eine Nuß in einen Nußknacker geklemmt wird. Die anderen Enden dienen als Griffe. Selbstverständlich darf man nur ganz gelinden Druck anwenden und muß sehr behutsam zu Werke gehen, falls das abzuschraubende Stück nicht deformiert und dadurch unbrauchbar gemacht werden soll. Eventuell kann man auch Rohrzangen benutzen, doch darf man dabei natürlich nur sehr gelinden Druck ausüben und muß die gerieften Seiten mit Leder bedecken, so daß nur das Leder direkt mit dem abzuschraubenden Teile in Berührung kommt.

Fig. 1354. Fig. 1355. Fig. 1357.

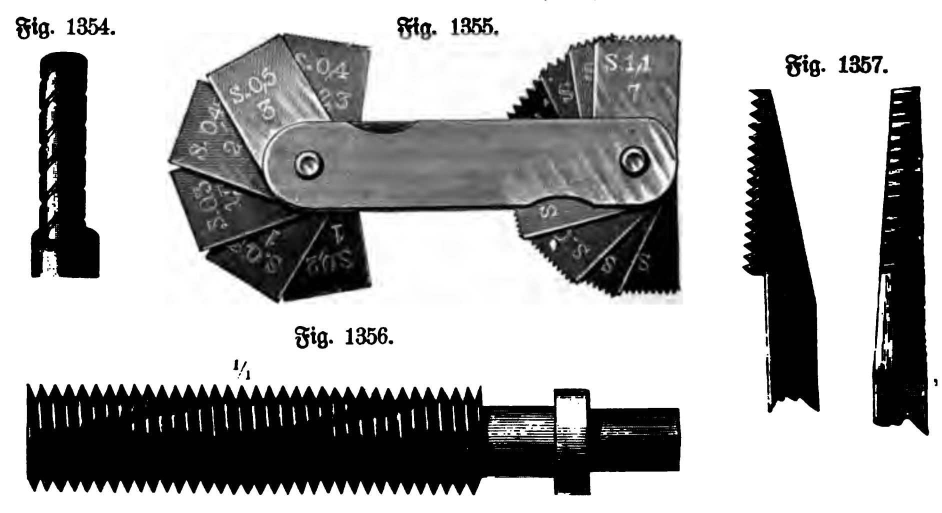


Fig. 1356.

Fig. 1358.

Um doppelgängige oder schneller steigende Gewinde (Fig. 1354) zu erhalten, benutzt man einen Gewindestahl, in dessen Ganggahl die der aufgesteckten Patrone zwei-, drei-, viermal enthalten ist.

Um zu erfahren, um wieviel ein Umgang einer Schraube steigt, legt man einen Streifen Papier auf die Schraube und fährt mit dem Finger darüber weg, so daß die Schraubengänge einen leichten Eindruck auf das Papier machen, worauf man mit Zirkel und Maßstab die Länge von je zehn Gängen bestimmt und aus den verschiedenen Gangweiten das Mittel nimmt[1]).

Schraubstähle kann man sich mit Hilfe von Mutterbohrern von der Form Fig. 1356 leicht auf der Drehbank selbst herstellen. Ein solcher Mutterbohrer wird ganz cylindrisch gedreht. Die Gänge werden nicht weggefeilt, sondern er erhält nur vier spiralig verlaufende Einschnitte. Abgedreht wird er an zwei Spitzen, so daß man ihn auch nachher wieder an die Drehbank nehmen kann.

Um die Schraubstähle Fig. 1357 und 1358 herzustellen, läßt man den Mutterbohrer auf der Drehbank umlaufen und hält den noch weichen Stahl dagegen.

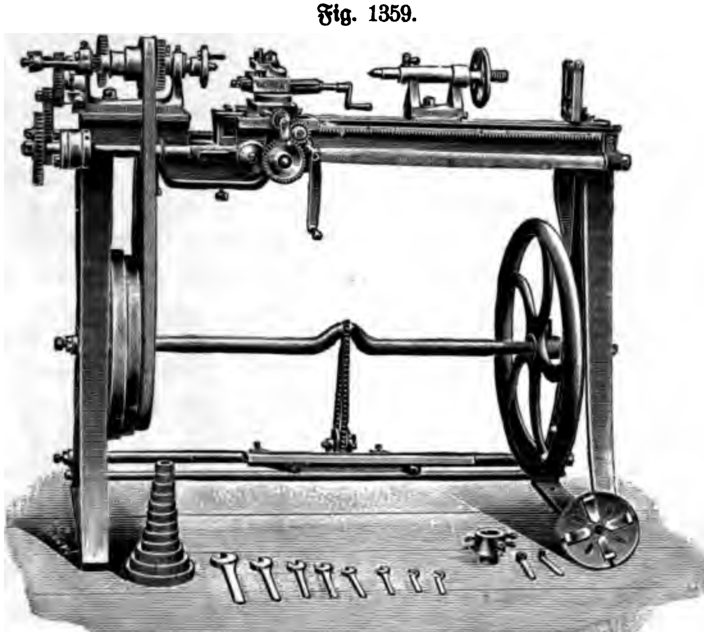
Solche Schraubstähle sind deshalb sehr bequem, weil man damit rasch, ohne die Arbeit von der Drehbank zu entfernen, Gewinde einschneiden kann, wobei man

[1]) Zu gleichem Zwecke dienen die Gewindeschablonen (Fig. 1355), zu beziehen von H. Hommel, Mainz.

an gar keine Dicke des Cylinders gebunden ist. Die dazu erforderliche Übung erwirbt sich leicht, auch ohne daß die Drehbank mit dazu gehörigen Patronen versehen ist; wenn man dabei nur die Vorsicht anwendet, einen stählernen Support zu gebrauchen und nicht einen mit Holz gefütterten, obwohl die letzteren sonst für Metalldreherei vorzuziehen sind.

Sollte man in den Fall kommen, ein Gewinde haben zu müssen, für das man keinen Bohrer zu leihen bekommen kann, so verfertigt man zuerst von Hand einen äußeren Schraubstahl. Hierzu bedient man sich zuletzt, um die Zähne tief und im Grunde scharf auszufeilen, einer auf beiden Seiten messerförmigen Feile, und schleift den Hieb auf einer Seite weg, um eine recht messerscharfe Kante zu erhalten. Mit einem solchen Stahle kann man dann für die Drehbank eine messingene Patrone machen und mit Hilfe derselben einen Mutterbohrer.

Fig. 1359.



Die Kürze der Patrone gestattet natürlich nur die Herstellung kurzer Gewinde; sollen längere hergestellt werden, so ist eine Leitspindeldrehbank (Fig. 1359) erforderlich, bei welcher, wie aus der Figur zu ersehen, der Support durch eine lange Schraube (die Leitspindel), welche durch Zahnräder (Wechselräder) mit der Spindel in Verbindung steht, während des Umlaufs verschoben wird [1]).

Der langsame Gang, welcher beim Drehen von Eisen unentbehrlich ist, wird durch ein Vorgelege, welches sich leicht ein- und ausschalten läßt, bewirkt.

Es empfiehlt sich, auch eine große Leitspindeldrehbank anzuschaffen [2])

[1]) Zu beziehen von Sonnenthal, Berlin. Kleine Leitspindeldrehbänke liefern ferner M. Mittag, Berlin O., Andreasstr. 32 und E. Schramm, Zittau. Sehr vielseitig zu gebrauchende kleine Leitspindeldrehbänke sind die Metallbearbeitungsmaschinen der Leipziger Werkzeug- und Maschinenfabrik vorm. W. v. Pittler, Leipzig-Gohlis und Berlin C., Kaiser-Wilhelmstr. 48. — [2]) Solche sind zu beziehen von den meisten Werkzeugmaschinenfabriken, z. B. Auerbach u. Comp., Werkzeugmaschinenfabrik, Dresden-Pieschen, Großenheimerstraße; Chemnitzer Werkzeugmaschinenfabrik vormals J. Zimmermann,

deren Bett vor der Spindel gekröpft ist, wie Fig. 1359 zeigt, um große Scheiben abdrehen zu können. Zum Betriebe dient dann am bequemsten ein Elektromotor[1]).

p) Drücken und Spulenwickeln auf der Drehbank. Aus geglühtem Kupferblech oder erwärmtem Zinkblech kann man sich auf der Drehbank leicht halbkugelförmige Schalen und ähnliche schalenartige Körper herstellen, indem man sie mittels eines am Ende abgerundeten Stahls (Fig. 1361), Drückstahl genannt, über eine entsprechend gestaltete Holzform drückt. Man kann dabei das Blech an der Form, wie Fig. 1363 zeigt, durch eine Schraube befestigen oder einfach durch Dagegendrücken einer Metallplatte mittels der Reitstockspitze, wie bei Fig. 1364. Letztere deutet zugleich an, wie man größere Höhlungen herstellen kann. Das Blech wird zuerst bei *e e* um den Rand der Form außen herumgezogen, sodann die Platte *c* und die Reitstockspitze *d* entfernt, nun das Blech hineingedrückt und schließlich der umgelegte Rand *e e* abgestochen. Wird das Blech während des Drückens zu hart, so muß es wieder ausgeglüht werden. Der Stahl wird zur Verminderung der Reibung öfters geölt[2]).

Um Spiralfedern herzustellen, läßt man einfach hartgezogenen Draht auf einen passenden Dorn auflaufen. Beim Abkneifen muß man bei stärkeren Federn darauf Bedacht nehmen, daß die Spirale mit großer Kraft zurückschnellt und bei mangelnder Vorsicht leicht Verletzungen herbeiführen kann[3]).

Aus einer Drahtspirale kann man sich auch durch Abkneifen der einzelnen Windungen und Verlöten der Enden leicht eine große Zahl gleich beschaffener Ringe herstellen[4]).

Eine besonders häufig auf der Drehbank ausgeführte Arbeit ist das Wickeln von Drahtspulen für Elektromagnete. Man nimmt dazu entweder hölzerne Spulen, deren innerer Cylinder sehr dünnwandig ist, oder Pappröhren mit an den Enden aufgeleimten, etwa 9 mm dicken Scheiben[5]).

Bei dem Aufwickeln steckt man einen genau passenden Holzcylinder in die Hülsen, um ihre Öffnung zu erhalten; denn die Drähte müssen beim Aufwickeln angespannt werden, wobei dicke Drähte die Hülsen einschnüren würden. Zwischen je zwei Lagen des Drahtes kommt ein gefirnißtes Papier, auch wohl Guttaperchapapier, damit bei schadhaften Stellen des Drahtes die Elektrizität nur von einer

---

Chemnitz i. S., Rochlitzerstr. 32; Aktiengesellschaft vorm. Frister und Roßmann, Werkzeugmaschinenfabrik, Berlin SO., Skalitzerstr. 134; C. Schramm, Werkzeugmaschinenfabrik, Zittau i. S.; Paul Hoffmann, Werkzeugmaschinenfabrik, Dresden-Plauen, Falkenstr. 34 b; Rich. Bratz, Werkzeugmaschinenfabrik, Nürnberg, Stoppenhofstr. 27; G. Kärger, Fabrik für Werkzeugmaschinen, Berlin O., Krautstraße 52; Werkzeugmaschinenfabrik „Vulkan", Chemnitz i. S., Henriettenstr. 9; W. Hübner, Werkzeugmaschinenfabrik, Berlin, Straßburgerstr. 55. Kleine Leitspindeldrehbänke liefert Max H. Thiemer u. Co., Dresden A. IV.

[1]) Das Berechnen und Schneiden der Gewinde siehe v. Lukasiewicz, Voigt, Weimar; ferner Taschenbuch für Präzisionsmechanik 1902, S. 129. Eine Rechenscheibe für Bestimmung der nötigen Wechselräder beim Schraubenschneiden auf der Leitspindeldrehbank liefern De Fries u. Co., A.-G., Düsseldorf. — [2]) Verschiedene Formen von Drückstählen, zu beziehen von C. Bauer in München, Frauenstr. 19, zeigt die Fig. 1362 (Preis 1,2 bis 1,7 Mk. pro Stück). — [3]) C. Bauer in München, Frauenstr. 19, liefert 1 kg Härtemasse zu 4 Mk., Härtepulver zum Aufstreuen, sowie zum Einsetzen (zum Verstählen von Eisen) 1 kg zu 2,4 bezw. 1 Mk. — [4]) Mittels Randerierrädchen kann man allerlei Verzierungen durch eingedrückte feine Rippen u. dergl. hervorbringen. — [5]) Selbsttätige Spulenwickelmaschinen nach Fig. 1360 sind zu beziehen von Conrad Felsing, Maschinenfabrik, Berlin O., Blumenstraße 70.

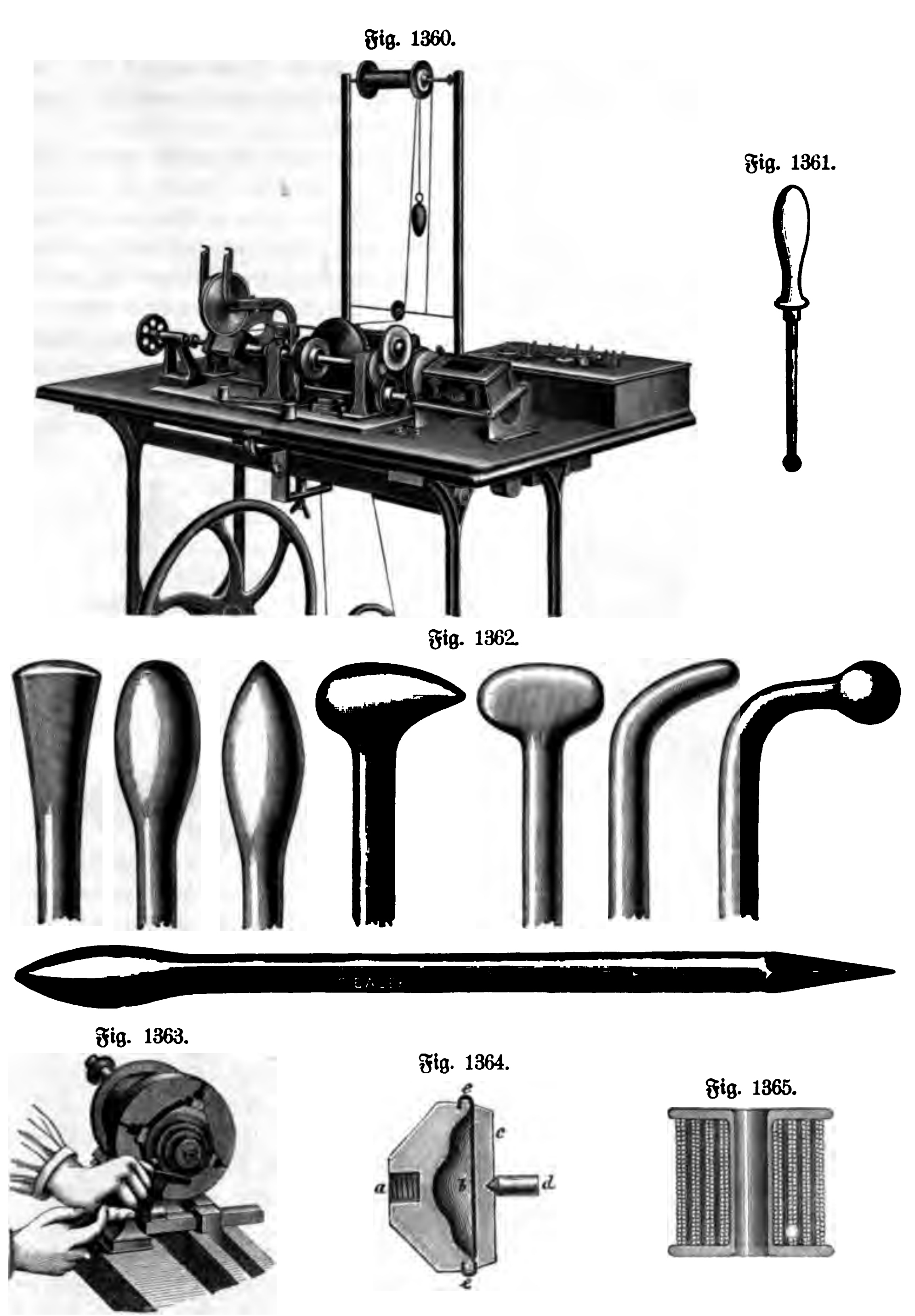


Fig. 1360. Fig. 1361. Fig. 1362. Fig. 1363. Fig. 1364. Fig. 1365.

Windung auf die nächste übergehen kann, nicht aber von einer Lage auf die andere. Ubrigens bessert man schadhafte Stellen des Drahtes während des Wickelns aus, indem man ein Stückchen gefirnißtes Papier um die schadhafte Stelle einmal herumlegt; bei der obersten Lage muß des besseren Ansehens wegen das Ausbessern

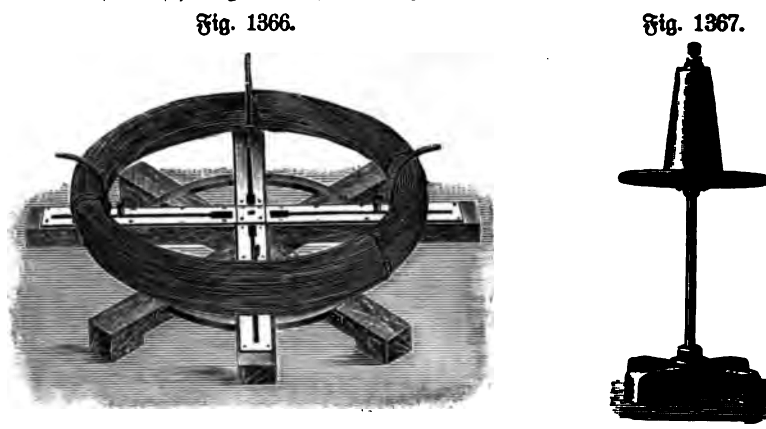
mittels Wolle oder Seide geschehen. Hat man den Draht zusammenzusetzen, so geschieht dies beim dicken Drahte dadurch, daß man die Enden etwa 1 bis 2 mm weit schief abfeilt, sie mit Silber lötet und die Lötstelle auf die wirkliche Drahtdicke abfeilt.

Die entblößte Stelle kann man von der Hand mit Seide, Wolle, Guttaperchapapier oder Isolierband umwickeln.

Dünne Drähte werden zusammengedreht und mit Zinn verlötet, wobei man aber das Lötwasser sehr sorgfältig entfernen muß. Man hält während des Aufwickelns einen Multiplikator und ein Trockenelement auf der Werkbank parat, um sich über die Kontinuität nach jeder Lage zu versichern, ehe man weiter wickelt.

Wenn bei sehr feinem Draht kein Papier zwischen die einzelnen Lagen kommt, so werden die einzelnen Lagen bald etwas uneben, und es wird darum erforderlich, daß wenigstens die letzte Lage eine Unterlage von steifem, gut gefirnißtem Papier erhalte, um dieselbe schön glatt aufwickeln zu können.

Fig. 1366. Fig. 1367.



Dickerer Draht muß immer von Hand gewickelt werden, und es müssen dabei fast notwendig zwei Personen sein; dünnerer Draht kann auf der Drehbank sehr rasch und schön aufgewickelt werden, wenn man die Spule mittels des darin steckenden hölzernen Cylinders aufspannt.

Die Drahtenden werden gewöhnlich durch die Endscheiben herausgeführt, wodurch der Draht zugleich befestigt wird; doch wird es meist nötig, die letzten Drahtwindungen durch ein mit dem Überzuge des Drahtes gleichfarbiges seidenes Band festzubinden, welches man bereits vor Fertigstellung der letzten Windung unterlegt, und nachdem der Draht darüber gewickelt ist, zusammenbindet. Sollen große Drahtrollen ohne Spule hergestellt werden[1]), so benutzt man eine schwach konische Spule, deren eine Scheibe sich leicht entfernen läßt, und läßt dieselbe durch einen Motor (am bequemsten einen Elektromotor mit Vorgelege) umdrehen. Die Drahtrolle, von welcher der Draht abgewickelt wird, wird auf einen Haspel (Fig. 1366 und 1367) gesetzt. Jede Lage wird nach der Fertigstellung mit dicker Schellacklösung bestrichen und bis zum Eintrocknen derselben erhitzt. Bereits vor dem Wickeln jeder Lage legt man quer zu den Drahtwindungen Bänder auf, in kleinen Abständen regelmäßig verteilt, deren Enden nach dem Lackieren um die

[1]) Wie z. B. bei Fig. 500 Müllers Grundriß der Physik, 14. Aufl., S. 449, (Durchmesser 0,75 m, Drahtstärke 3 mm, Windungszahl 900).

äußersten Windungen herumgebogen und provisorisch mit Schellack festgeklebt werden. Durch das Aufwickeln der nächsten Drahtlage werden sie definitiv befestigt und bewirken, daß auch nach abnehmen der Spulenscheiben und herausziehen der Hülse die ganze Rolle ihren Zusammenhang bewahrt und keine Windung aufspringen kann. Solche spulenlosen Rollen sind für Unterrichtszwecke sehr geeignet, da man ihre Zusammensetzung auch aus der Entfernung leicht übersehen und die Zahl der Schichten, sowie die Zahl der Windungen in jeder Schicht, leicht konstatieren kann. Bei Rollen, welche auf Spulen gewickelt sind, sollten wenigstens (sofort nach der Herstellung) diese Zahlen auf eine der Scheiben eingraviert werden[1]). Bei Spulen mit vielen Windungen benutzt man beim Wickeln einen Tourenzähler um die Windungszahl feststellen zu können.

Zu manchen Versuchen werden flache Spiralen aus Kupferblech (**Bandspiralen**) gebraucht. Wenn solche Spiralen schön werden sollen, so muß der Kupferstreifen überall gleich breit sein; an den Lötstellen muß das Blech dünner gefeilt werden, damit diese Stellen nicht dicker werden als das übrige Blech. Beim Aufwickeln wickelt man ein seidenes oder wollenes, kaum ein wenig breiteres Band oder etwas schmalere Streifen von Preßspan und dergleichen mit auf und befestigt schließlich die Spirale am einfachsten, indem man

Fig. 1368.

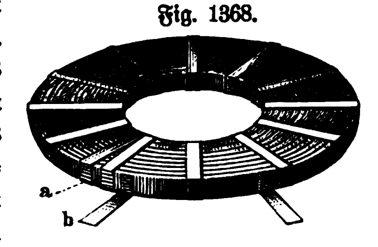
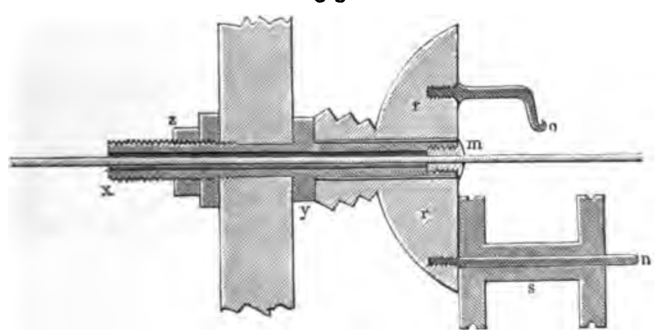


Fig. 1369.



ber das Ende eine bereits unter die vorletzte Windung gelegte seidene Schnur indet. Für die meisten Fälle ist es notwendig, auch den zuleitenden Blechstreifen m äußeren Ende rechtwinklig zur Ebene der Spirale anzulöten; am inneren Ende nn es ohnehin nicht anders sein; Fig. 1368 zeigt eine solche Spirale. Es ist abei auf das innere Ende ein Streifen gelötet, welcher gut mit Seidenband umickelt und bis auf die äußere Windung bei *a* geführt wird; hier lötet man wieder in kurzes Stück an, welches sich auf die äußere Windung legt und auf diese fest-ebunden wird; ein nochmals rechtwinklig angelötetes und rechtwinklig gebogenes

[1]) Umsponnene und umklöppelte Drähte kann man in den verschiedensten Sorten on den elektrotechnischen Fabriken beziehen, z. B. von den Hannoverschen Kautschuk-, uttapercha- und Telegraphenwerken in Hannover; J. Obermaier in Nürn-erg; C. Schacherer in Mannheim; J. E. Vogel, Akt.-Ges., Berlin S., Ritterstr. 36; ouis Edelmann, Schlettau, Erzgebirge u. s. w. Isolierband liefern J. Wilfert in öln zu 16 bis 18 Mk. pro Kilogramm; Süddeutsche Kabelwerke, A.-G., Mannheim u. a.

Stück *b* gibt die Zuleitung. Meistens wird die Spirale in radialer Richtung dicht mit einem Bande umwickelt, so wie es die Figur nur für 12 Touren zeigt.

Wollte man sich, was freilich selten nötig sein wird, ein Drahtstück selbst umspinnen, so kann dies an einer Drehbank mit durchbohrter Spindel geschehen. Auf die Spindel setzt man einen Zapfen *m* (Fig. 1369), der so durchbohrt ist, daß der Draht eben hindurchgezogen werden kann. Was etwa durch eine vom Drehbankschwungrad aus betriebene Trommel bewirkt wird. Auf der Spindel wird ferner eine Holzscheibe *r* befestigt, an welcher an einem glatten Stift *n* die Spule *s* angesteckt ist, deren man mehrere vorrätig mit Seide oder Wolle gefüllt hat; das Aufspulen geht an einer Drehbank sehr leicht. Von der Spule wird der Faden erst über das Öhr *o* geführt, ehe er auf den Draht gebunden wird; ein kleiner, ebenfalls auf *r* steckender drehbarer Bügel *p* verhindert, daß die Rolle den Stift *n* wieder verlasse. Damit die Rolle nicht schneller umlaufe, als der Faden auf dem Drahte verbraucht wird, was, je nachdem die Spule gefüllt ist, ungleich schnell geschieht, so ist über eine der Scheiben der Spule der dünne Messingdraht *q q* (Fig. 1370) geführt, welcher in *k* eingehängt ist und durch den Nagel *i* gespannt werden kann; man kann dadurch die Reibung der Spule beliebig vergrößern[1]).

Fig. 1370.



Fig. 1371.

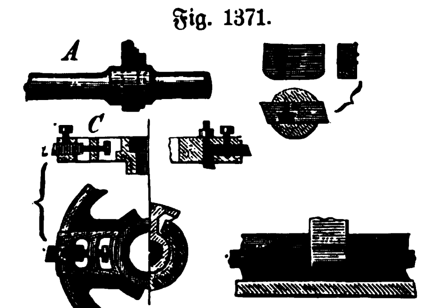
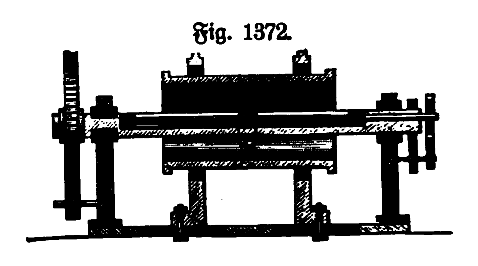


Fig. 1372.



q) Das Fraisen auf der Drehbank. Beim Ausdrehen oder Ausbohren eines Cylinders (etwa eines Pumpenstiefels), läßt man auf der Drehbank eine starke Stahlstange (Fig. 1371 *a*) mit einem in der Mitte quer durchgesteckten und mit Keil befestigten Schneidezahn, die Bohrwelle, umlaufen, während der auf dem Support befestigte Cylinder (Fig. 1372) langsam weiter geschoben wird, so daß der Zahn nach und nach alle Stellen der inneren Fläche trifft und Späne abschabt oder „abfräst".

Ein anderer Fall, wobei der Drehstahl sich bewegt (oder deren mehrere), während das Arbeitsstück eingespannt bleibt, ist die Herstellung eines Zahnrades. Die zu verzahnende Platte wird an der Drehspindel befestigt und die

[1]) Vollkommenere Spinn- und Klöppelmaschinen liefern G. Stein, Berlin O., Blumenstr. 24, und E. Sonnenthal, Berlin; ferner Gebr. Demuth, Maschinenfabrik, Wien XIII., Linzerstr. 141. Maschinen zur Herstellung von Glühlichtschnüren liefert Conrad Felsing jun., Köpenik bei Berlin. Flecht- und Klöppelmaschinen aller Art liefert Gustav Krenzler, Unter-Barmen; Umspinnmaschinen Ritterhaus u. Blecher, Barmen III.

Stange mit dem Schneidezahn (**Fräse**) in einem auf dem Support befestigten Bügel, und zwar so, daß sie durch eine, wie Fig. 1375 zeigt, über den langsamen Lauf des Schwungrades und mehrere Rollen geführte Schnur in rasche Umdrehung versetzt werden kann[1]). Die Drehbankspindel wird mittels der daran angebrachten **Teilscheibe** durch Einstecken des arretierenden Stiftes in eines der Löcher festgestellt

Fig. 1373.

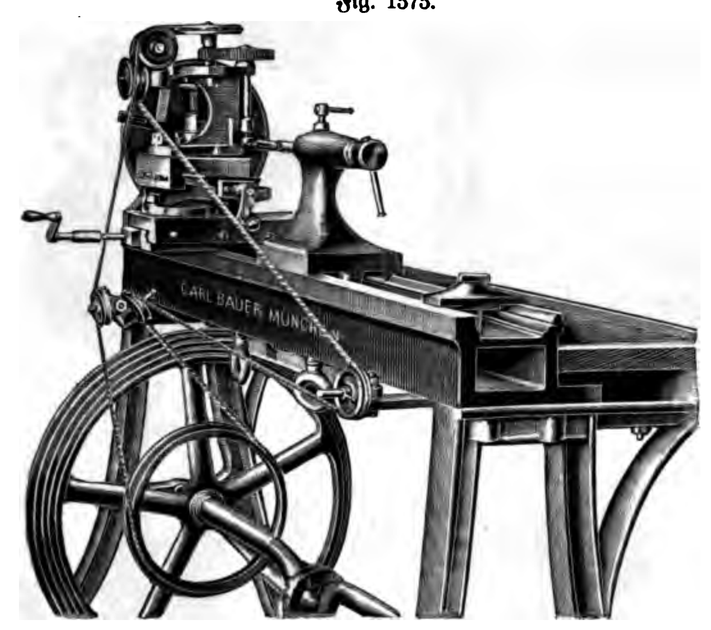
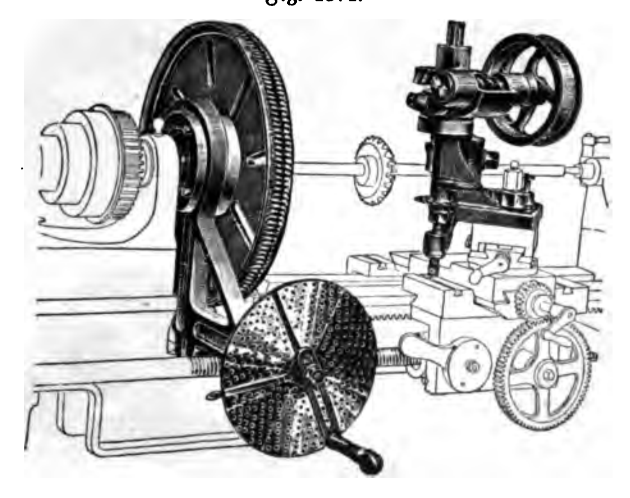


Fig. 1374.



und nun die Fräse mittels des Supports dem Rande der Platte genähert, so daß eine Zahnlücke eingefräst wird. Sodann dreht man die Teilscheibe um ein

[1]) Eine **Rollenfräsvorrichtung** neuester Konstruktion zeigt Fig. 1373. Sie ist zu beziehen von C. **Bauer** in München, Frauenstr. 19, zu 75 bis 86 Mk. Dieselbe Firma liefert einen **Fräs- und Räderteilapparat** für Leitspindeldrehbänke nach Fig. 1374 zu 180 Mk.

Fig. 1375.

Fig. 1377.

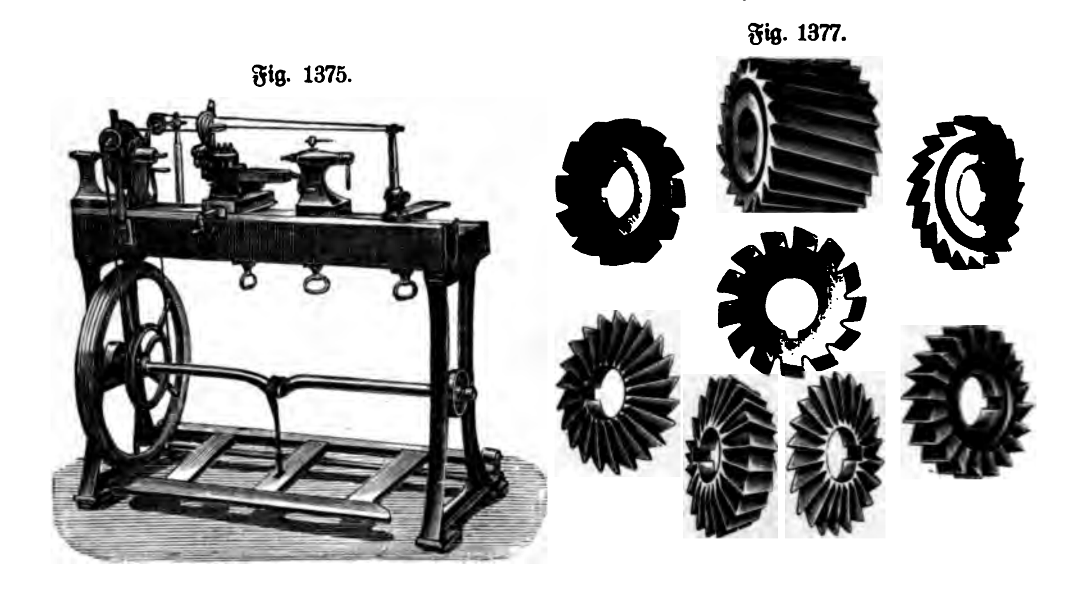


Fig. 1376.

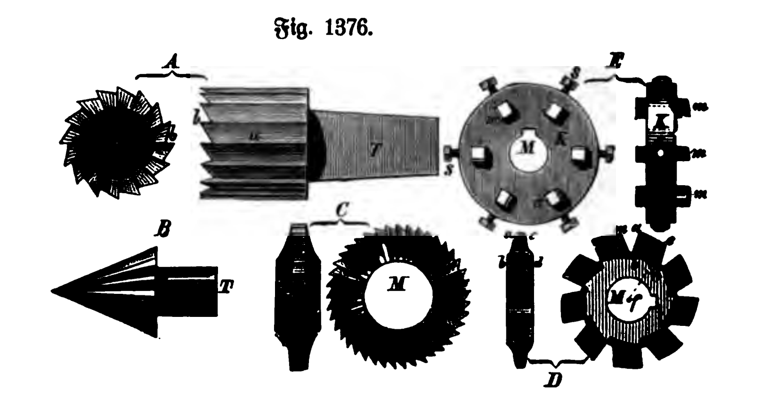


Fig. 1380.

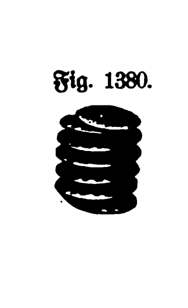


Fig. 1378.

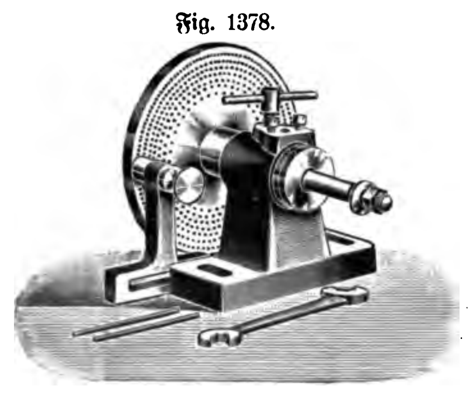


Fig. 1379.

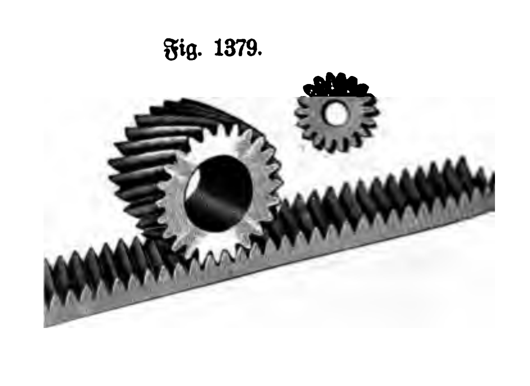
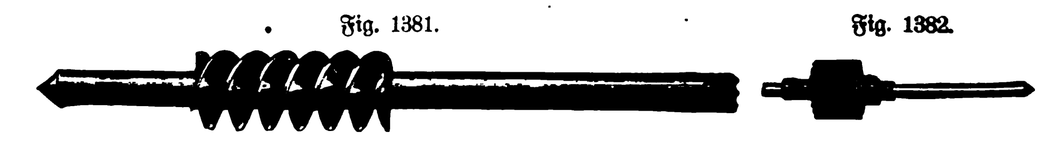


Fig. 1381.

Fig. 1382.



Loch weiter, fräst eine zweite Zahnlücke ein u. s. f. Gewöhnlich erhalten die Fräsen mehrere Zähne oder sehr viele, wie die Fig. 1376 und 1377 zeigen [1]).

Die beschriebenen Umänderungen der Drehbank zum Räderschneiden sind etwas umständlich. Sollen öfters Räder geschnitten werden, so benutzt man deshalb zweckmäßiger eine besondere Räderschneidemaschine [2]).

Noch besser läßt man sich Räder, Zahnstangen u. s. w. in einer besonders dafür eingerichteten Werkstätte herstellen [3]).

Um gleichmäßiges Laufen zu erzielen, empfiehlt sich schräge Verzahnung, wie Fig. 1379 zeigt, welche einen Übergang zur Schraube ohne Ende bildet.

Fig. 1383.

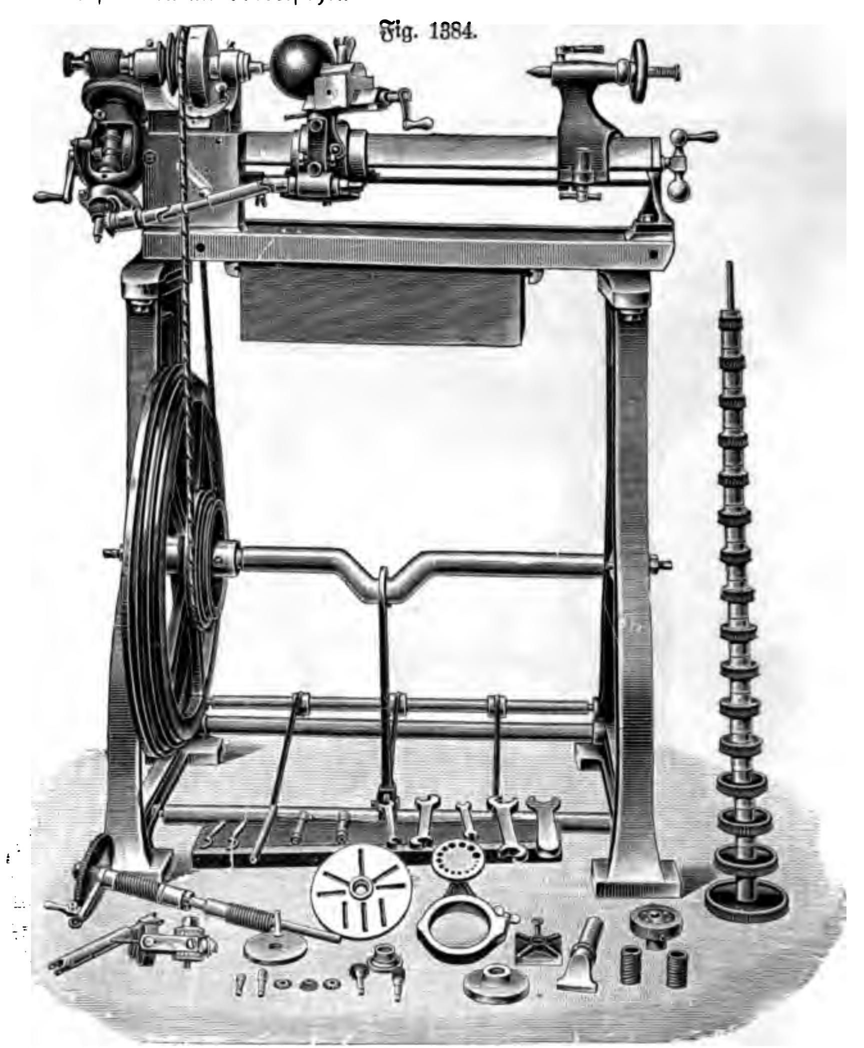


Kleine Triebe (Fig. 1382) kann man sich leicht herstellen aus dem von Uhrenfourniturenhandlungen zu beziehenden Triebstahl [4]), von dem man einfach das überschüssige Material abdreht. Auch zu anderen Zwecken, z. B. zur Herstellung konischer Erweiterung cylindrischer Löcher, Nuten u. s. w. können Fräsen gebraucht werden, ja

[1]) Zu beziehen von J. E. Reinecker, Chemnitz-Gablenz; H. F. Schnicke, Werkzeugfabrik, Chemnitz i. S.; Richard Weber u. Co., Werkzeug- und Maschinenfabrik, Berlin O., Gr. Frankfurterstr. 13. — [2]) Räder- und Triebschneidemaschinen sind zu beziehen von Jos. Koepfer, Furtwangen (Baden); Joh. Morat u. Söhne, Eisenbach (Bad. Schwarzwald); Karl Renner, Glashütte (Sachsen), u. a. Fig. 1378 zeigt einen von H. Hommel, Mainz, zu beziehenden Räderteilapparat. — [3]) Solche sind z. B. zu beziehen von Otto Lindig, Werkstatt für Feinmechanik, Glashütte; Christian Kremp, Wetzlar; G. H. Wolf, Werkstatt für Präzisionsmechanik, Glashütte. — [4]) Bezugsquelle: L. Trapp, Triebstahlfabrik, Glashütte.

sogar zur Herstellung ebener Flächen, indem man Fräsen verwendet, deren Zähne in einer Ebene liegen (Fig. 1376 *E* und *D*) und mittels des Supports das Arbeitsstück daran vorbeiführt.

Fig. 1384.



Ein sogenannter Fräßsupport[1]) unterscheidet sich von einem gewöhnlichen Drehbanksupport dadurch, daß er gestattet, das Werkzeug nicht nur in zwei, sondern in drei zueinander senkrechten Richtungen zu verschieben.

[1]) Fig. 1383 zeigt eine Drehbank mit Fräsesupport, zu beziehen von Beling und Lübke, Berlin S. 26, Admiralsstraße 16. Wie man sieht, ist der Spindelkasten der Drehbank um 180° gedreht, so daß der an der Spindel befestigte Fräser über den Support zu stehen kommt. Ist das Drehbankbett auf einer Seite prismatisch, so erhält der Spindelkasten, um ihm eine sichere Unterlage zu geben, einen entsprechenden niedrigen Untersatz. Eine für die verschiedensten Fräsarbeiten eingerichtete Drehbank (Fig. 1384) ist zu beziehen von der Leipziger Werkzeugmaschinenfabrik vorm. W. v. Pittler, Akt.-Ges., Leipzig-Wahren (Berlin C., Kaiser Wilhelmstr. 48). Spindelseele, Reitstockpinolenseele und Teilkopfspindelseele sind durchbohrt und mit Futterzangen versehen.

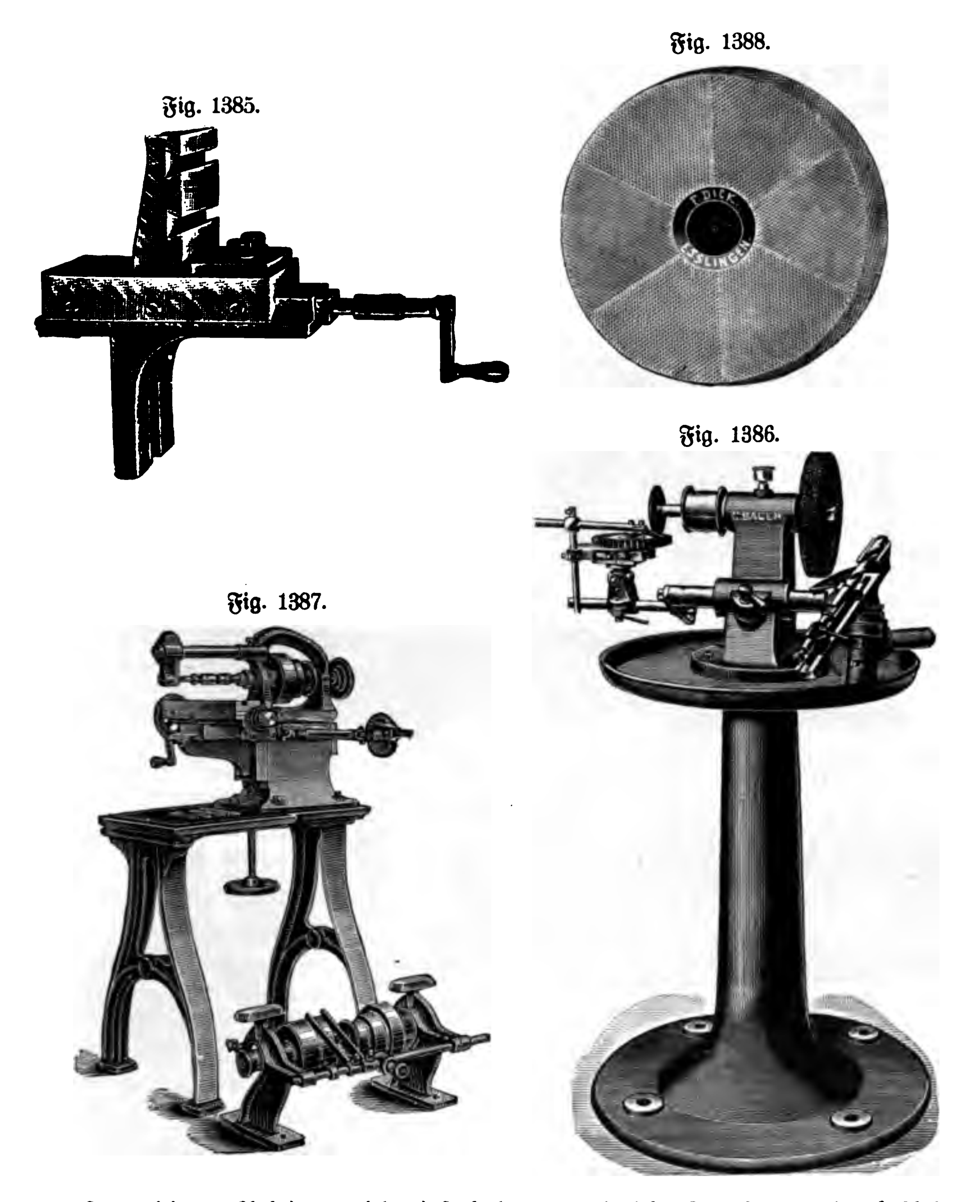


Fig. 1385. Fig. 1388. Fig. 1386. Fig. 1387.

Für kleinere Arbeiten wird einfach der gewöhnliche Kreuzsupport durch Aufspannen eines sogenannten **Höhensupports** (Fig. 1385) zu einem Fräsupport ergänzt [1]). Für größere Fräsearbeiten wird eine besondere **Fräsmaschine** (Fig. 1387) verwendet [2]).

Zu den Fräsen sind auch zu rechnen die **Kreisfeile** oder **Feilenscheibe** (Fig. 1388) und die grobzahnige **Stoßfeilenscheibe**, welche man einfach an

[1]) Zu beziehen von E. Sonnenthal, Berlin, zu 55 bis 75 Mk. Erhöhungsteile für Spindelstock, Reibstock und Support, um die Spitzenhöhe, wenn nötig, zu vergrößern, liefert C. Bauer in München, Frauenstr. 19, den Satz zu 22 bis 30 Mk. — [2]) Eine kombinierte Fräser- und Bohrerschleifmaschine liefert nach Fig. 1386 C. Bauer in München, Frauenstr. 19, zu 237 Mk.

einem entsprechenden Dorn auf der Drehbank umlaufen läßt und zu gleichen Zwecken benutzt wie die gewöhnliche Feile, bezw. Stoßfeile.

Zur raschen Herstellung von Zapfen dienen die Zapfenfräsen[1]). Eine Stahlplatte ist in der Mitte mit einer der Dicke des Zapfens entsprechenden Bohrung versehen, an welche sich, diametral gegenüberstehend, Schlitze anschließen, deren Ränder einseitig schwach aufgebogen und mit Schneidekanten versehen sind (Fig. 1390), so daß dieselben beim Anhalten an das umlaufende spitz angedrehte Stäbchen durch Wegnahme von Spänen einen Zapfen stehen lassen. Wird an den Zapfen ein Gewinde

Fig. 1389.

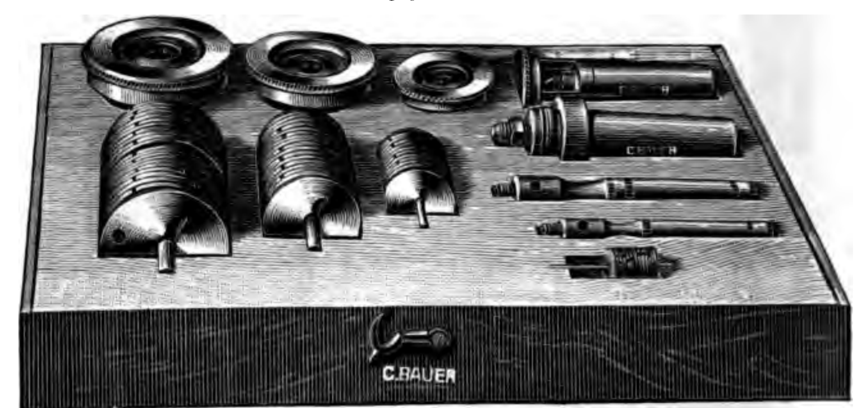


Fig. 1390.

angeschnitten und der dicke Teil zu einem Kopf ausgebildet, so hat man eine Schraube. Da die Fräse den Zapfen sofort von der richtigen Dicke ausbildet, lassen sich derart kleine Schrauben sehr rasch herstellen.

71. Schmiede und Lötraum. a) Die Schmiede. Die Schmiede muß für sich in einem kleineren Raume mit guter Ventilation angebracht sein, da Rauch, Ruß und Flugasche, wie sie mit dem Betriebe von Schmiedeessen unvermeidlich sind, aus der mechanischen Werkstatt ferngehalten werden müssen. Sie muß sich aber unmittelbar an die Werkstatt anschließen, so daß man von der Werkbank mit wenigen Schritten zum Amboß gelangen kann.

Der Amboß (Fig. 1391) muß möglichst schwer und auf einem soliden eichenen Klotz aufgestellt sein[2]). Dieser selbst muß eine ganz sichere Unterlage haben. Können also die Räumlichkeiten nicht in das Erdgeschoß verlegt werden, wo man den Amboßklotz auf einer unmittelbar auf einem Gewölbe aufliegenden Balkenlage aufstellen kann, so wird man suchen müssen, durch Aufstellung einer kräftigen Säule an der betreffenden Stelle im unteren Stockwerk dem Fußboden unter dem Amboßklotz die nötige Widerstandskraft zu geben. Geschieht dies nicht,

[1]) Ein Satz Zapfenfräsen in Etui (Fig. 1389) ist zu beziehen von C. Bauer, Werkzeughandlung, München. — [2]) H. Hommel in Mainz liefert auch gußeiserne Amboßuntersätze.

„so zieht der Hammer nicht“, dafür aber wird der ganze Raum in bedenklicher Weise erschüttert und ein gewaltiger Lärm verursacht. Um die Erschütterung zu vermindern, legt man unter den Klotz einen dichten Strohkranz oder Filz.

Über der Esse befindet sich ein Rauchfang aus Eisenblech (Fig. 1392), welcher den Rauch und die Verbrennungsgase direkt in den Schornstein einleitet, der an dieser Stelle in der Wand angebracht ist. Die Öffnung in dem Rauchfang, welche in das Kamin führt, muß durch eine eiserne Klappe im Falle des Nichtgebrauches verschließbar sein. Es kann sich daran auch eine Gasflamme befinden, welche zu Anfang den Zug einleitet, auch ist es zweckmäßig, wenn am Rande des Rauchfanges Eisenblechtafeln mit Scharnieren angebracht und durch Haken befestigt sind,

Fig. 1391. Fig. 1392.

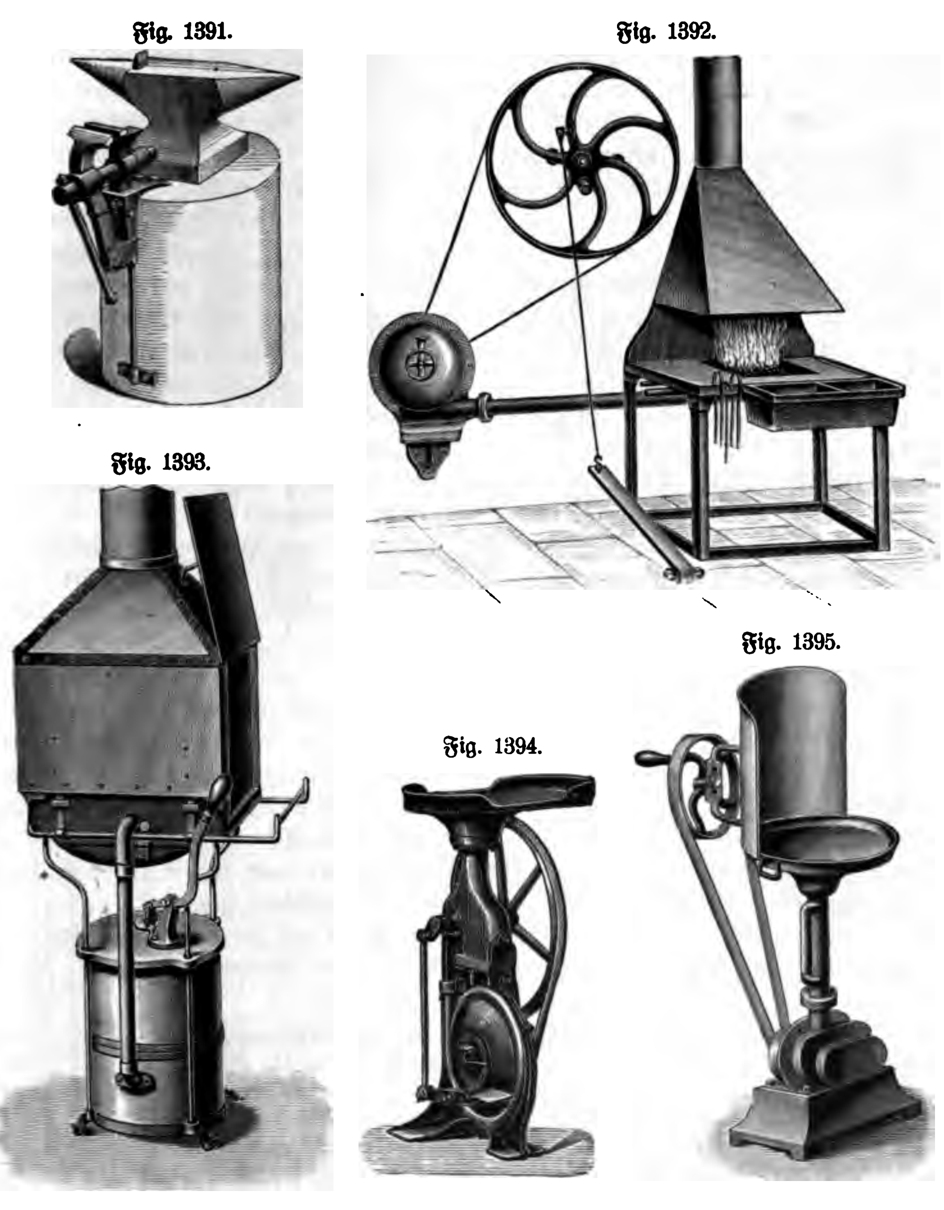


Fig. 1393. Fig. 1394. Fig. 1395.

welche sich, solange Hobelspäne und Steinkohle noch stark qualmen, herunterklappen lassen und ein dichtes Gehäuse um die Esse herum bilden. Sind die Kohlen in richtige Glut gekommen, so kann man die Tafeln wieder beseitigen und dadurch die Esse freilegen.

In nächster Nähe der Esse dürfen sich keine freien Holzteile befinden. Der Fußboden muß, falls er nicht aus Steinplatten besteht, mit Eisenblech bedeckt sein. Auch die Wände werden in der Nähe der Esse mit Eisenblech beschlagen, da sie andernfalls zu rasch durch Kohlenstaub u. s. w. verunreinigt werden. Das Gebläse kann von der Esse aus durch Hand oder Fuß in Betrieb gesetzt werden [1]).

Gewöhnlich benutzt man eine Feldschmiede mit Blasebalg (Fig. 1393) oder mit Ventilator (Fig. 1394) oder mit Rootsgebläse (Fig. 1395). Sie kann zur Verhinderung des Qualms mit einem Gehäuse umgeben sein, das aber hinderlich ist, wenn längere Stangen eingelegt werden sollen, und deshalb abnehmbar sein muß [2]).

Zum Entzünden des Feuers verwendet man eine Hand voll Hobelspäne, auf welche Holzkohlen geschichtet werden. Eventuell kann auch eine Gasflamme dazu dienen, die Holzkohlen zu entzünden. Sind dieselben gut in Brand, so gibt man eine Schicht Schmiedekohlen auf [3]). Es sind dies Steinkohlen, welche in besonders hohem Grade die Fähigkeit haben, zusammenzubacken. Infolgedessen bildet sich über der glühenden Kohlenmasse eine dichte Decke, welche die Luft nur da entweichen läßt, wo man sie durchsticht, so daß man es ganz in der Gewalt hat, das Feuer auf eine bestimmte Stelle zu konzentrieren. Dringt die Glut durch die Decke durch, so bespritzt man diese mit Wasser, bis sie sich wieder genügend gekühlt hat. Man kann hierzu seitlich einen Trog mit Wasser anbringen und zum Bespritzen einen benetzten Lappen mittels des Löschspießes über die Kohlen bringen, wie dies in Schmiedewerkstätten gewöhnlich geschieht, oder reinlicher hierzu einen mit Brause und Hahn versehenen Schlauch der Wasserleitung benutzen [4]).

Das Brennmaterial, Schmiedekohlen, Holzkohlen und Hobelspäne, wird in geschlossenen Behältern aus Eisenblech in der Nähe der Esse aufbewahrt.

Stahl darf nie über Hellrotglühhitze gebracht werden, da er sonst seine guten Eigenschaften verliert („verbrennt“). Ebensowenig darf er unter Rotglut geschmiedet werden; denn ist er beim Hämmern bereits zu kalt, so wird er rissig. Gußstahl darf höchstens dreimal während des Schmiedens erhitzt werden. Alle von Stahl geschmiedeten Gegenstände müssen zuletzt ausgeglüht und langsam abgekühlt werden. Vor dem Schmieden eines Stückes streift man den Glühzunder (Hammerschlag) ab. Einreiben mit Seife vor dem Glühen vermindert die Oxydation des Eisens. Soll die Oberfläche sehr glatt werden, so schmiedet man mit nassem Hammer, d. h. man taucht denselben zeitweise in Wasser und benetzt auch den Amboß, wodurch der Glühspan abspringt und das reine Eisen zum Vorschein kommt.

Kupfer darf nur wenig erhitzt werden, da es im glühenden Zustande sehr weich wird und bald schmilzt. Messing läßt sich nicht schmieden.

---

[1]) Stark gepreßten Wind erhält man mittels eines Cylindergebläses, wie Fig. 1396, zu beziehen von C. Bauer in München, Frauenstr. 19, zu 145 bis 285 Mk. — [2]) Verschiedenartige Schmiedeessen sind zu beziehen von C. Sonnenthal, Berlin, ferner von O. Lorenz jun., Blasebalg- und Feldschmiedenfabrik, Berlin, Sebastianstraße 73. — [3]) Stahl darf nur in Holzkohlen- nicht in Steinkohlenfeuer geglüht werden. — [4]) Andere nötige Geräte sind der Schürhaken, Kohlenzange, Kohlenschaufel, Besen u. s. w. (Fig. 1397).

Die gewöhnlich benutzten Hämmer sind der **Handhammer**, der **Vorschlag-** und **Kreuzhammer** (Fig. 1398).

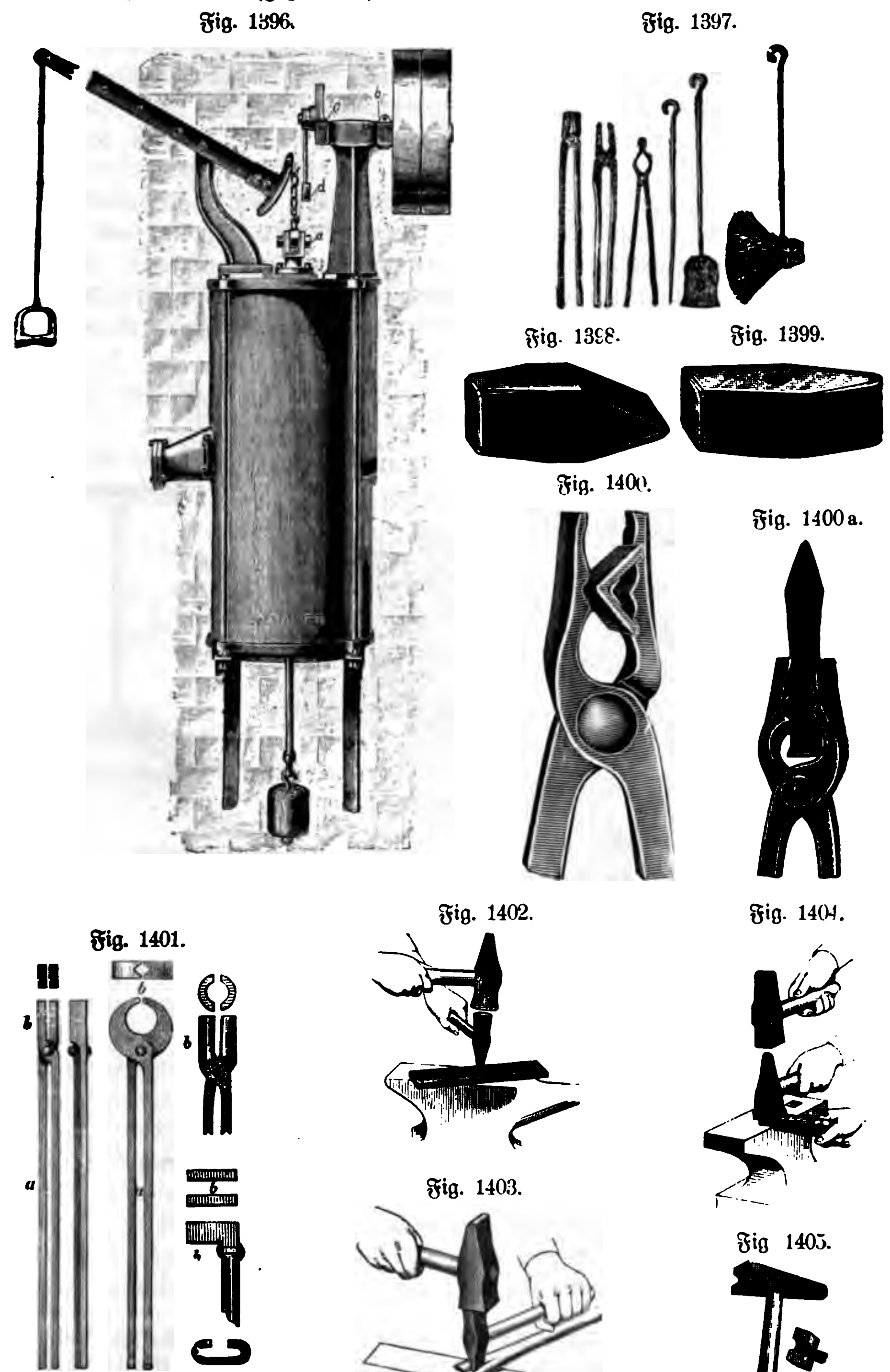


Fig. 1396. Fig. 1397. Fig. 1398. Fig. 1399. Fig. 1400. Fig. 1400 a. Fig. 1401. Fig. 1402. Fig. 1403. Fig. 1404. Fig. 1405.

Das Eisen hat gewöhnlich Stangenform und kann eventuell bei öfterer Kühlung mit dem Löschbesen am kalten Ende in der Hand gehalten werden. Kurze Stücke pflegt man provisorisch an eine längere Stange anzuschweißen und nach Fertigstellung wieder abzutrennen. Geht dies nicht an, so benutzt man die Schmiedezangen[1]) (Fig. 1401), von welchen verschiedene Größen und Formen vorrätig sein müssen. Auf die Griffe der Zange schiebt man einen Ring oder Haken, wie er in der Figur unten rechts gezeichnet ist, um das selbsttätige Aufgehen der Zange zu hindern.

Zum Abtrennen (Fig. 1402) oder Aufhauen (Fig. 1403) eines Eisenstückes dient entweder der Schrotmeißel, dessen Stiel biegsam sein muß[2]), weil sonst ein für die Hand sehr unangenehmes „Prellen" eintreten kann, oder das Abschrot, d. h. ein kurzer in den Amboß gesteckter Meißel (Fig. 1391), unter Umständen auch beide gleichzeitig, wobei natürlich die Schneiden genau übereinander stehen müssen.

Zum Biegen von Winkeln dient der Feuerschraubstock, ein schwerer Schraubstock, welcher in der Nähe der Esse befestigt sein muß (Fig. 1391).

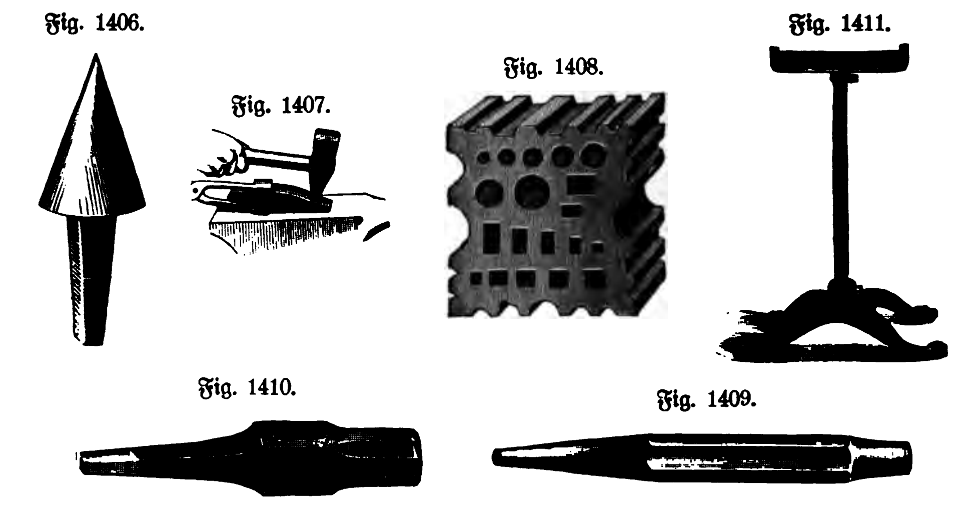


Fig. 1406. Fig. 1407. Fig. 1408. Fig. 1411. Fig. 1410. Fig. 1409.

Die Herstellung von Zapfen erfolgt unter Beiziehung des Setzhammers (Fig. 1404) oder Gesenkhammers (Fig. 1405) und der Stöckchen (Fig. 1406) oder Gesenke (Fig. 1405), eventuell eines Gesenkambosses (Fig. 1408). Um Löcher in ein Eisenstück zu schlagen, treibt man einen Stahldorn (Fig. 1409) hinein, indem man dabei das Eisen über das Loch im Amboß (Gesenkamboß) bringt. Gewöhnlich werden solche Dorne ebenso wie der Schrotmeißel (Fig. 1402) an einem Stiel befestigt (Durchschläger) (Fig. 1410).

Sehr lange Stangen werden mit dem freien Ende auf einen Auflegeständer (Fig. 1411) aufgelegt, welcher oben mit einer Walze versehen ist, so daß sie leicht hin und her geschoben werden können.

Zum Anstauchen von Köpfen wird das Nageleisen gebraucht, ein Eisen mit mehreren Löchern, durch welche die Stangen eben durchgesteckt werden können.

[1]) Besonders praktische Form hat die „Wolfsmaul"-Schmiedezange (Fig. 1400), zu beziehen von E. Brockhaus u. Co., Wiesenthal i. W. — [2]) Schrotmeißelhalter mit Gummieinlage sind zu beziehen von Ed. Dünkelberg, Berlin, Wallstr. 12.

b) **Das Schweißen.** Die zu vereinigenden Stäbe werden zunächst so geformt, daß sie sich nach der Verschweißung an einer möglichst ausgedehnten Fläche berühren, wie dies durch die punktierten Linien in den Fig. 1412, 1413, 1414 und 1415 dargestellt ist, d. h. die Enden werden abgeschrägt und außerdem durch Stauchen verdickt, da sie sonst durch das Überhämmern beim Schweißen zu dünn werden würden. Das Schweißen selbst geschieht, indem man die zu vereinigenden Enden auf **Weißglühhitze** bringt und mit **Schweißpulver**[1]) (Quarzsand) bestreut, welches mit dem Eisenoxyd eine Schlacke bildet, und dadurch weitere Oxydation verhindert, so daß beim Aneinanderbringen und Überhämmern, wodurch die Schlacke herausgequetscht wird, blanke Metallflächen miteinander in Berührung kommen.

Elektrische Schweißmaschinen, welche auch Schmelzung und Hartlötung ermöglichen (nach Fig. 1416) liefert **Hugo Helberger** in München.

Das Schweißen von Platin wird unter Hartlöten besprochen[2]).

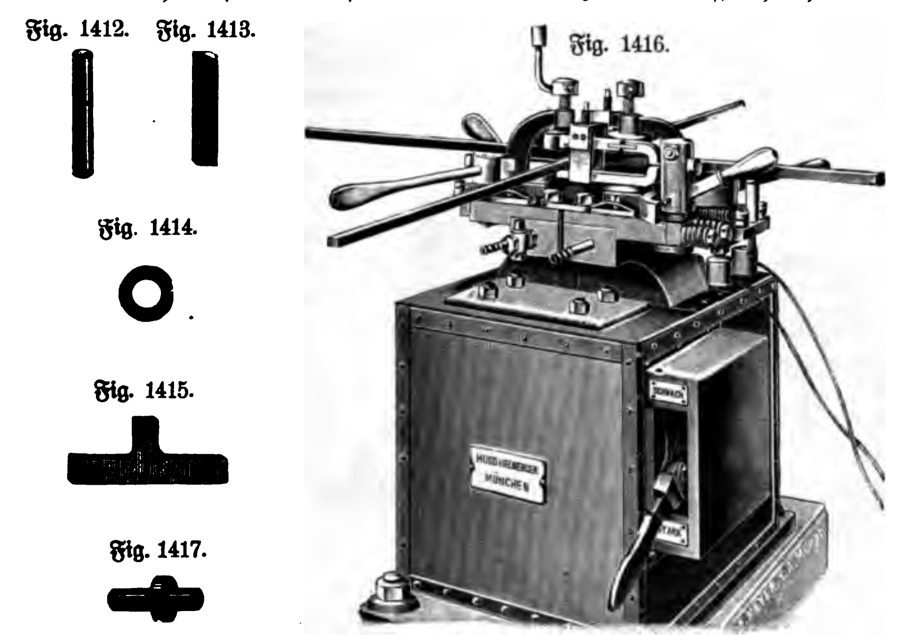


Fig. 1412. Fig. 1413. Fig. 1414. Fig. 1415. Fig. 1416. Fig. 1417.

c) **Das Aufziehen.** Radreifen werden bekanntlich heiß aufgezogen, damit infolge der beim Abkühlen eintretenden Zusammenziehung genügende Spannung entsteht, um sie festzuhalten. Von dem gleichen Prinzip macht man sehr häufig auch bei Metallarbeiten Gebrauch, z. B. beim Aufsetzen von Ringen oder Hülsen auf Stäbe (Fig. 1417) und bei Reparaturen. Um z. B. ein versprengtes Drehbankfutter aus Gußeisen zu reparieren, zieht man einen etwas kleineren geschweißten eisernen Ring auf dasselbe. Wird ein Ring zu **stark erhitzt** aufgezogen, so reißt er beim Erkalten infolge der zu beträchtlichen Kontraktion. Ebenso größere Nietnägel, die zu stark glühend eingesetzt wurden, um durch ihre Kontraktion beim Erkalten die zu verbindenden Platten dichter zusammenzuziehen.

Ist ein aufzuziehender Ring bei der Bearbeitung wenig zu groß ausgefallen,

[1]) Schweißpulver liefern **Herm. Nagler**, Köstritz, Reuß; **E. Frielingsdorf**, Hagermühle, Post Vora (Rheinland), u. a. — [2]) Apparate und Gerätschaften aus Aluminium geschweißt liefert **W. C. Heräus** in Hanau.

so kann man ihn dadurch etwas verengen, daß man ihn glühend mit der Fläche bis zu halber Höhe in Wasser eintaucht. Die sich rasch kontrahierende gekühlte Hälfte drückt die noch glühende zusammen, so daß diese nach dem völligen Abkühlen kleiner erscheint als die erste. Nun kehrt man den Ring um und wiederholt die Operation.

Um aufgezogene Ringe zu lösen, müssen sie mit einer hinreichend starken (hydraulischen) Presse abgedrückt werden. Falls der Gegenstand hohl ist, kann der Innenraum mit fester Kohlensäure und Äther rasch gekühlt werden, so daß sich die innere Masse rascher zusammenzieht als der aufgesetzte Ring.

d) Das Härten. Soll Stahl glashart werden, so macht man ihn — wenn es gewöhnlicher Stahl ist — hell rotglühend und taucht ihn dann plötzlich in möglichst kaltes Wasser oder gesättigte Kochsalzlösung, welche rascher kühlt als reines Wasser; Gußstahl wird nur kirschrot glühend gemacht und ebenso abgekühlt.

Längere Stücke von Stahl werfen sich bei dem Ablöschen gern und können nachher nur durch Schleifen in die gehörige Form gebracht werden. Das sicherste, wenngleich nicht unfehlbare Mittel, das Werfen zu verhüten, besteht darin, daß man das Stück rasch eintaucht, während man es seiner größten Dimension — seiner Länge — nach senkrecht hält und nicht hin- und herbewegt.

Fig. 1418.



Fig. 1418 a.



Dünne flache Stücke müssen mit einer Kante voraus langsam und gleichmäßig eingetaucht werden. Keilförmige Gegenstände werden, damit die dünne Seite keine Risse bekomme, zuerst mit dem dicken Teile eingetaucht. Wird ein Gegenstand nicht ganz eingetaucht, so entsteht in der Regel an der Grenze ein Sprung. Stahl, welcher mit Schmiedeeisen zusammengeschweißt ist, krümmt sich stark nach der Seite des letzteren, so daß man ihm zuvor eine Krümmung nach der entgegengesetzten geben muß, um dieselbe zu kompensieren. (Ähnlich muß auch das Verziehen einseitig gehauener Feilen durch vorherige entgegengesetzte Biegung kompensiert werden.)

Größere, namentlich längere Stücke, sind schwer gleichförmig hart zu machen, da man dazu eines sehr ausgebreiteten Feuers [1]) bedarf, um sie durchweg gleichmäßig zu glühen. Dicke Stücke bekommen beim Härten gern Risse, springen wohl auch ganz ab. Man begegnet diesem Übelstande am sichersten durch Eintauchen in Wasser von 45° R., wobei für die weiteren Zwecke genügende Härte erzielt wird oder dadurch, daß man die Kühlung nur so lange fortsetzt, bis das singende Geräusch im Wasser aufhört. Größere Stücke Stahl läßt man beim Schmiede härten, oder noch besser beim Feilenhauer, wenn man hierzu Gelegenheit hat.

---

[1]) **Härteöfen** (Fig. 1418) sind zu beziehen von **Sonnenthal, Berlin; Richard Weber u. Co., Maschinenfabrik, Berlin O., Große Frankfurterstr. 13, u. a.**

Glashart — spröde — ist der Stahl selten nötig; allein es liegt nicht in unserer Gewalt, ihm gleich von Anfang einen beliebigen Grad von Härte und Elastizität zu geben [1]).

Dagegen aber können wir vollkommen gehärteten Stahl in beliebigem Grade wieder erweichen, indem wir seine Oberfläche hell schleifen und ihn dann allmählich erwärmen, wobei nach und nach die Anlauffarben Gelb, Purpur, Blau und Grau auftreten; es ist hierbei ebenfalls auf möglichste Gleichförmigkeit der Erwärmung zu sehen. Kleinere, oder überhaupt ihrer ganzen Ausdehnung nach zu erwärmende Stücke dürfen darum nicht mit der Zange gehalten, sondern müssen auf einem Bleche erwärmt werden. Werkzeuge aller Art, welche in Metall schneiden sollen, wie Drehstähle, Bohrer u. s. w., läßt man nur hafergelb, Instrumente, welche für Holz bestimmt sind, also eine unter einem spitzigen Winkel auslaufende Schneide erhalten müssen, purpurrot, Federn, welche nur sehr wenig Bewegung zu machen haben, blau anlaufen, ganz große Federn grau. Dicke Federn, welche große Bewegung machen sollen, brennt man mit Fett ab, d. h. man bestreicht sie mit Fett und erwärmt sie bis zur Entzündung desselben, worauf sie wie bei jedem anderen Anlaufenlassen in kaltem Wasser abgekühlt werden.

Bohrer, Drehwerkzeuge u. dergl. werden nicht ihrer ganzen Ausdehnung nach gehärtet, sondern nur bis auf etwa 1 cm von der Schneide an rückwärts, um das öftere Abbrechen zu verhüten; Instrumente aber, welche ihrer Form nach nicht nachgeschliffen werden können, härtet man nur ganz vorn. Bei diesem Verfahren sind solche Instrumente dann hinter dem bereits abgekühlten Ende noch rotwarm und man läßt diese Wärme sich über das abgekühlte Ende verbreiten, bis dieses nahezu die erforderliche Farbe erhalten hat, worauf man erst das ganze Instrument abkühlt. Man muß hierbei aber schnell sein, weil sonst das Anlaufen zu weit geht. Neben der Schmiedeesse muß sich also ein Wasserbecken befinden.

Um bei dünnen Körpern schwächere Stellen vor Überhitzung zu schützen, umwickelt man sie zuvor mit dickem Eisenbindedraht.

Soll beim Härten der Glühspan abspringen, so bestreicht man die Stücke vor dem Glühen stark mit gewöhnlicher Seife.

Um die Bildung von Glühspan, da wo sie unzuträglich sein sollte, überhaupt zu vermeiden, bestreicht man die Gegenstände mit einer Mischung von Roggenmehl und Kochsalz oder zähem Leim mit Blutlaugensalz.

Gegenstände, die sehr hart werden sollen, wie Feilen, bestreut man im glühenden Zustande mit Klauen- (Horn-) mehl oder pulverisiertem Blutlaugensalz, glüht noch etwas mehr und löscht dann in Wasser oder verdünnter Schwefelsäure ab. Letztere ätzt gleichzeitig den Glühspan ab, so daß der Gegenstand gleichmäßig grau erscheint.

Kleine Stahlteilchen, welche gehärtet werden sollen, erhitzt man in glühendem Zinnbade; das Anlassen geschieht in heißem Sande. Feine Bohrer werden durch Einstecken in Talg — wiederholt bis der Talg nicht mehr schmilzt — gehärtet und bedürfen dann des Ablaufens nicht.

Die Härtung hängt übrigens sehr wesentlich von der Güte der Stahlsorte ab. Die besten Stahlsorten sind der Huntsmannstahl, der Werkzeuggußstahl, der Meißelstahl, der Silberstahl und der Messerstahl.

---

[1]) Nach Patent Galopin soll Zusatz von Glycerin zum Wasser ermöglichen, je nach dem Mischungsverhältnis verschiedene Härtegrade direkt ohne Anlassen zu erzielen.

In neuerer Zeit werden Spezialstähle (Taylor=White=Stahl und Böhlers Rapidstahl) hergestellt, welche ihre Härte selbst bis zu hohen Temperaturen bewahren, was besonders wichtig ist für Schneidestähle, die sich stark erhitzen [1]).

Um kleine Eisenteile zu härten glüht man sie mehrere Stunden lang, mit Lederkohlen umpackt, in einer mit Lehm verstrichenen Büchse und löscht sie dann mit kaltem Wasser ab.

Um größere Schmiedeeisenstücke oberflächlich mit einer harten Schicht zu überziehen, bestreut man sie im glühenden Zustande mit gepulvertem gelbem Blutlaugensalz und löscht dann ab [2]).

Ferner können schmiedeeiserne Gegenstände einen gewissen Grad von Härte oder Steifigkeit erhalten, wenn man sie nach der Vollendung der Form mit leichten Schlägen noch so lange hämmert, bis sie nicht mehr glühen.

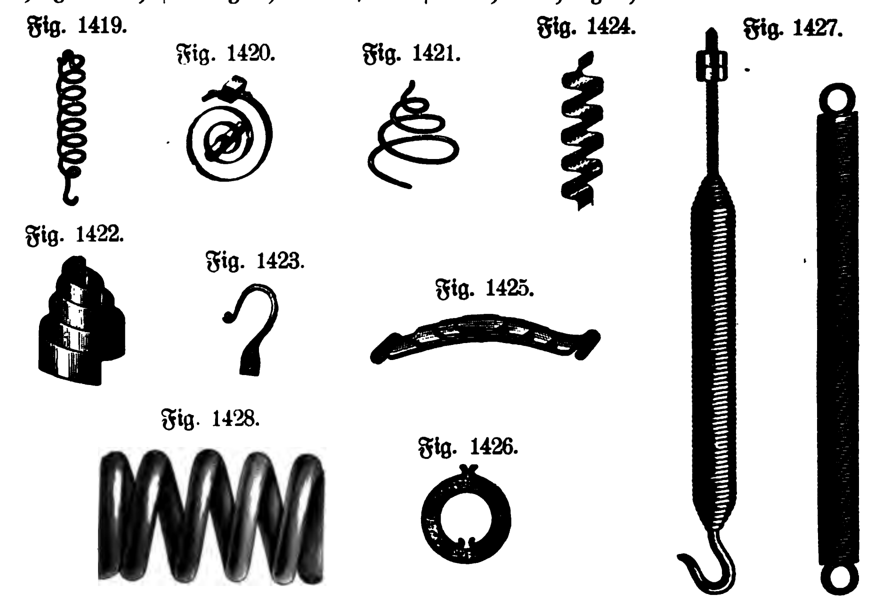


Fig. 1419. Fig. 1420. Fig. 1421. Fig. 1424. Fig. 1427. Fig. 1422. Fig. 1423. Fig. 1425. Fig. 1428. Fig. 1426.

Braucht man harten Draht, z. B. für Federn, so nimmt man gewöhnlichen Draht, aber etwas dicker als nötig, und zieht ihn durch ein Zieheisen.

Messing und Kupfer werden ebenfalls durch Hämmern und Ziehen hart, und man kann aus Messing auf diese Art sehr gute Federn erhalten.

Verschiedene Formen von Federn sind in den Fig. 1419, 1420, 1421, 1422, 1423, 1424, 1425 und 1426 dargestellt [3]).

---

[1]) Scheffer und Ripke, Remscheid, liefern Stahlsorten aller Art. Böhlerstahl ist zu beziehen von Gebr. Böhler u. Co., Akt.=Ges., Frankfurt a. M. und Berlin. — [2]) Ein besseres Härtepulver liefert Friedr. Motz, Berlin S. 59, Dieffenbachstraße 37; ferner Herm. Nagler, Köstritz, Reuß. — [3]) Man erhält solche in mannigfachster Auswahl von Schramberger Uhrfedernfabrik, Schramberg (Württemberg); H. F. Schnicke, Chemnitz i. S.; Hohenlimburger Federnfabrik Herm. Ruberg, Hohenlimburg i. W.; Franz Sauerbier, Berlin SW., Hollmannstr. 17; Aktiengesellschaft für Federstahl=Industrie Aug. Kohlstatt, Luxemburg; Mutzmann, Werkzeugfabrik, Regensburg, K. 9; Gebr. Langer, Drahtwarenfabrik, Chemnitz; Aktiengesellschaft für Federstahl=Industrie vorm. Hirsch u. Co., Kassel; R. Kersberg, Hohenlimburg; Schmitz u. Steffen, Hagen i. W.; Gustav Pickhardt, Drahtwarenfabrik, Bonn a. Rh., u. a.

Dem Messingguß kann man durch Hämmern größere Härte und Dichte geben, ähnlich dem gezogenen Messing.

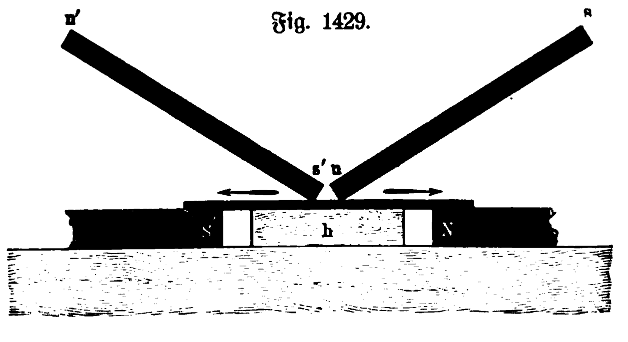
Stahl, besonders aber Eisen, soll auch manchmal sehr weich gemacht werden. Man glüht es zu dem Ende und läßt es unter Kohlenbedeckung langsam erkalten. Eisen wird, wenn man es sehr weich haben will, mit Lehm dünn umgeben und dann geglüht; ganz besonders weich wird dasselbe, wenn es in irgend einem Behälter — Tiegel, Rohr, Blechbüchse — mit Hammerschlag oder feinem Quarzsand umgeben geglüht wird. Bei Stahl kann auch Kohlenpulver angewendet werden, bei Eisen nur, wenn dasselbe nicht zu magnetischen Versuchen bestimmt ist.

Dünne Drähte glüht man am besten mittels des elektrischen Stromes. Indem man sie dabei streckt, kann man sie gleichzeitig vollkommen gerade richten.

In Leuchtgas darf der Draht nicht geglüht werden, da er dabei Kohlenstoff aufnimmt. Aus gleichem Grunde darf Platin nicht in eine rußende Flamme gebracht werden, selbst nicht, wenigstens nicht dauernd, in den unteren Teil der Bunsenflamme, welcher unverbrannten Kohlenstoff enthält.

e) Das Magnetisieten. Zum Magnetisieren kurzer Stäbe dient am besten ein kräftiger Hufeisenelektromagnet mit verschiebbaren Polen oder verstellbaren Polschuhen. Man bringt den glashart gemachten Stahl zwischen die Pole, schließt den Strom, erschüttert durch Hammerschläge, öffnet den Strom wieder und nimmt den Stab heraus. Mehrmaliges Öffnen und Schließen des Stromes begünstigt die Wirkung, doch darf der Strom nicht plötzlich geschlossen werden, wegen der auftretenden Wirbelströme.

Fig. 1429.



Längere Stäbe bringt man am besten in eine mindestens gleich lange, von einem kräftigen Strom durchflossene oder aus vielen Windungen bestehende Magnetisierungsspirale und erschüttert ebenfalls nach Herstellung des Stromes durch Schläge mit einem Holz- oder Kupferhammer.

Steht kein Strom zur Verfügung, so kann man den sogenannten einfachen Strich anwenden, indem man nach Anleitung von Fig. 1429 den Stab von der Mitte aus nach den Enden mit den entgegengesetzten Polen zweier gleicher Magnetstäbe oder auch nacheinander mit den Polen eines einzigen streicht.

Gerade Stäbe werden nach dieser Methode am kräftigsten, wenn man sie während des Streichens mit ihrem Ende auf die gegenüberstehenden ungleichnamigen Pole $S'N$ (Fig. 1429), zweier kräftigen Magnete legt; es ist dabei nötig, daß man unter den zu streichenden Stab ein Stück Holz h lege, welches denselben unterstützt und auf welches man ihn durch ein anderes schmales Stückchen Holz befestigt. 10 bis 20 Striche auf beide Seiten eines neuen Magneten sind genügend, um alles zu leisten, was man mit den gegebenen Streichmagneten erreichen kann [1].

[1]) Fertige Magnete, sowie Magnetstahl von besonders guter Qualität, sind zu beziehen von Gebr. Böhler u. Co., Aktiengesellschaft, Frankfurt a. M.; Tigges u. Co., Spezialfabrik für Magnete, Haspe i. W.; Gebr. Holder, Magnetfabrik, Urach (Württemberg).

Um kleine Stücke, speziell Taschenuhren, zu entmagnetisieren, bringt man sie am besten in die Nähe eines Wechselstromelektromagneten, dessen Eisenkern aus dünnen Drähten besteht und dessen Spule von kräftigem Wechselstrom durchflossen wird. Man dreht und wendet den Gegenstand zunächst in der Nähe des Magneten nach allen Seiten und entfernt ihn nach und nach aus dem Bereiche desselben, oder vermindert die Stromstärke bis zu Null [1]).

f) Das Gießen. Die Schmiedeesse kann auch zur Herstellung von Gußstücken dienen, wenn die erforderliche Form, die am besten aus Metall besteht, zur Verfügung steht. Am leichtesten lassen sich Blei und Zinn gießen [2]), welche man in einem eisernen Löffel mit Stiel (Gießlöffel, Fig. 1431) oder auch einfach in einer eisernen Pfanne (Fig. 1432) oder einem Tiegel (Fig. 1433) über dem Bunsenbrenner erhitzt. Sollen z. B., was häufig nötig ist, Kugeln gegossen werden, so benutzt man dazu die im Handel zu beziehenden scherenartig gestalteten Kugelgießer (Fig. 1432). Das Gußstück erhält nicht sofort die richtige Form, sondern trägt noch den Angußzapfen, welcher abgeschnitten werden muß, zu welchem Zwecke der Kugelgießer mit Schneiden versehen ist. Um Bleifüße für Stative herzustellen, kann man das Blei in eine eiserne Pfanne gießen, welche, um das Anhaften zu verhindern, vorher berußt wurde. Auch Zink läßt sich noch in eisernen Gefäßen schmelzen, doch nur mit Vorsicht.

Fig. 1430.



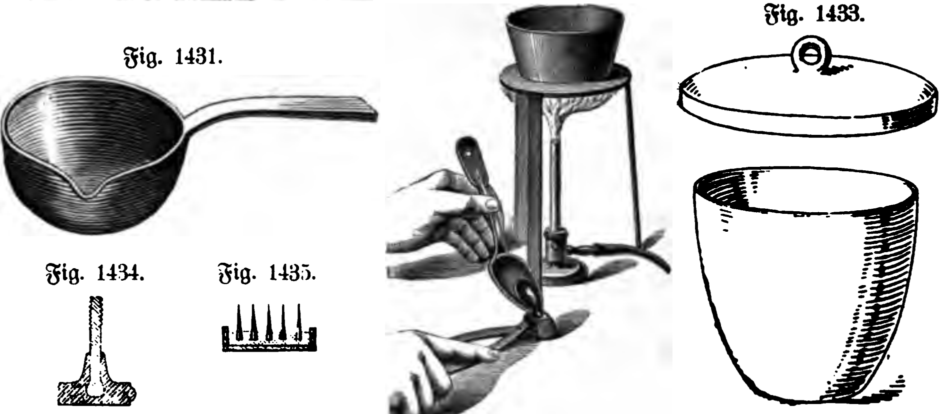


Fig. 1431. Fig. 1432. Fig. 1433.

Fig. 1434. Fig. 1435.

Die Gußformen werden, um scharfe Güsse zu erhalten, stark angewärmt. Nie darf eine Gußform feucht sein, da sonst durch die plötzliche Verdampfung des Wassers eine Explosion erfolgen kann.

[1]) Antimagnetische Spiralfedern für elektrische Meßinstrumente, Manometer u. s. w. liefern Pfaff u. Schlauder, Schramberg (Württemberg). Antimagnetische Taschenuhren liefern F. Schlesicky in Frankfurt a. M.; Seyfried, Uhrenfabrik in Nürnberg, Plobenhofstr. 3; Louis Wille, Leipzig, Am Gewandhaus. — [2]) Bleischmelzöfen mit Zubehör lieferte Bopp u. Reuther, Maschinenfabrik, Mannheim. Einen Bleischmelzofen mit Bleikessel nach Fig. 1430 liefern Delisle u. Ziegele in Stuttgart zu 25 Mk.

Eventuell kann man auch einen fremden Körper eingießen, welchen man zuvor in der Form befestigt hat, z. B. eine eiserne Schraube in einem Zinkkopf (Fig. 1434). Fig. 1435 zeigt einen analogen Fall, bei welchem Nadeln in einem Bleistück in gleichen Abständen befestigt wurden, indem man sie nach vorherigem Verzinnen, in einer Latte steckend, über der Form befestigte und nun das Metall einfließen ließ.

Eine häufig vorkommende Arbeit ist ferner das Eingießen von Schalen aus Weißmetall in Achsenlager. In einzelnen Fällen können auch zerbrochene Gußstücke durch Angießen des fehlenden Teiles wieder repariert werden. In großem

Fig. 1438.

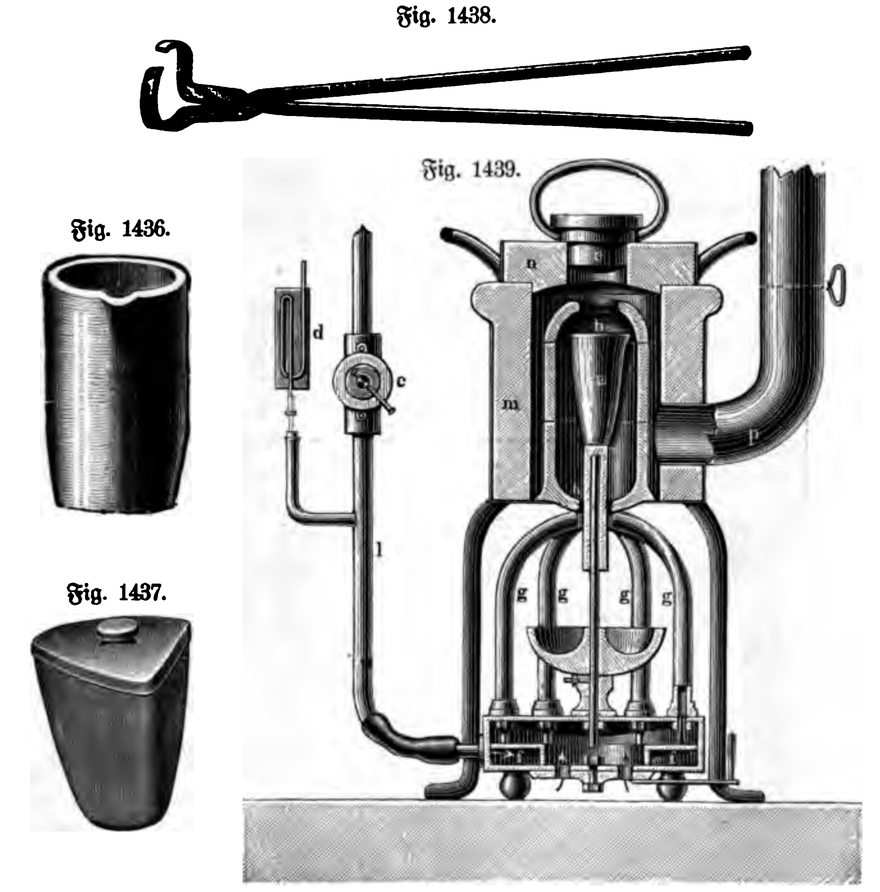


Fig. 1436.

Fig. 1437.

Fig. 1439.

Maßstabe findet dieses Verfahren Anwendung unter Benutzung von Thermit einer Mischung von Eisenoxyd und Aluminium, welche bei der Entzündung reines geschmolzenes Eisen von sehr hoher Temperatur bedeckt von geschmolzenem Korund liefert. Zur Entzündung dienen „Zündkirschen" aus Aluminiumpulver und Salpeter[1]).

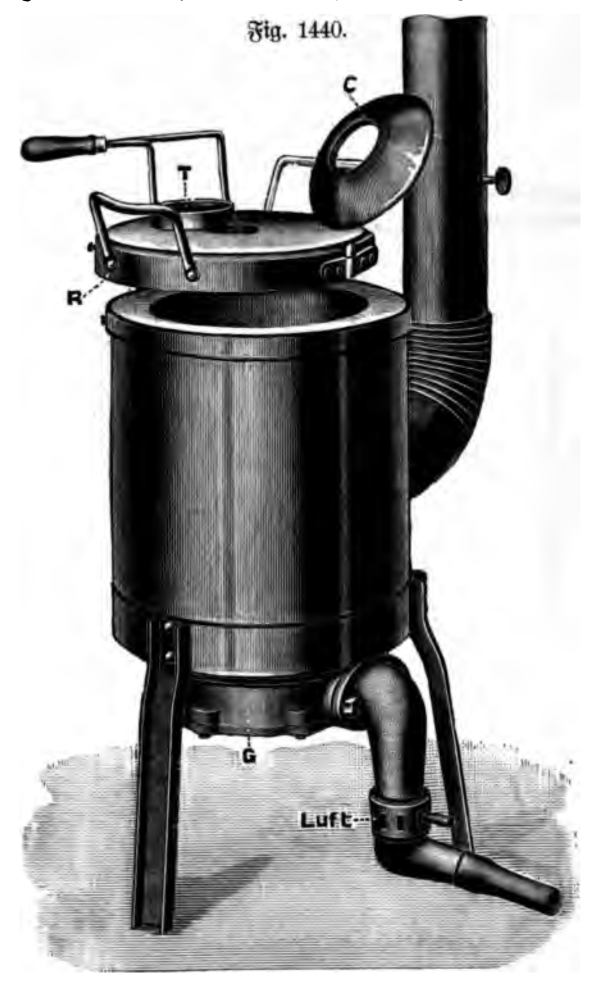
Bei schwerer schmelzbaren Metallen, wie Messing und Bronze, erfolgt die Erhitzung in hessischen Tiegeln (Fig. 1437) oder Graphittiegeln (Fig. 1436). Ein solcher Tiegel muß, damit er nicht springt, langsam angewärmt und mit einer vorgewärmten Tiegelzange (Fig. 1438) angefaßt werden[2]).

[1]) Thermit ist zu beziehen von der Allgemeinen Thermitgesellschaft in Essen, desgleichen die nötigen Tiegel u. s. w. — [2]) Graphitschmelztiegel liefern die Düsseldorfer Schamotte- und Tiegelwerke vorm. Schom u. Bourdois, A.-G., Düsseldorf.

An Stelle der Schmiedeesse benutzt man zweckmäßiger Gebläseöfen.

Vielfache Verwendung findet **Perrots** Gasschmelzofen (Fig. 1439). Durch das Rohr *l* mit Hahn *c* und Manometer *d* gelangt das Gas zunächst in den ringförmigen Hohlraum *ff*, von hier in die gekrümmten Bunsenbrenner *gggg*, deren Flammen durch die Öffnung *h* aufsteigen, den Tiegel *a* umspülen, dann durch das Deckelloch *b* austreten und innerhalb des mit feuerfestem Ton gefütterten Cylinders *n* herabsteigend, sich schließlich in den Schornstein *p* hineinziehen. Der abnehmbare Deckel *m* des Ofens ist in der Mitte durchbohrt und mit dem Stopfen *e* verschlossen, um zeitweise die Vorgänge im Tiegel kontrollieren zu können.

Fig. 1440.



Andere Gasschmelzöfen wurden konstruiert von **Forquignon u. Leclerc**, **Griffin** (1863), **Hempel** (1877), **Rößler** (1884) und **Fletcher**. **Schlössings** Ofen ist mit einer besonderen Kompressionspumpe für die Luft (besser für Luft und Gas) verbunden [1].

Ein mit Kohle oder Koks zu speisender Schmelzofen [2] ist der Gebläseofen von **Sefström**, bestehend aus eisernen Doppelcylindern, von denen der äußere den Windraum, der innere, mit Schamotte gefütterte, den Schmelzraum bildet. Die durch das Ansatzrohr links unten (Fig. 1444) eintretende Luft gelangt zunächst in den Windraum und von hier durch Poren in den Wandungen in den Schmelzraum. (M, 30 bis 66.).

An Stelle von Metallformen können auch Gips- und Lehmformen verwendet

[1]) **Gasschmelzöfen** sind zu beziehen von **Ludwig Löwe u. Co.**, Berlin; **F. G. Berg**, Düsseldorf; **de Fries u. Co.**, Akt.-Ges., Düsseldorf, Adolfstr. 83; **Schuchardt und Schütte**, Berlin C., u. a. Fig. 1440 zeigt einen **Gasschmelzofen der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt Rößler**, Frankfurt a. M. (Fig. 1441 den Durchschnitt), welcher zum Schmelzen von 3 bis 4 kg Metall ausreicht. Der Tiegel faßt 500 ccm und ist 150 mm hoch. Preis 105 Mk. Kleinere Öfen für 50, 150 oder 1000 g Metall kosten bezw. 48, 55 und 70 Mk. Eine Tiegelzange, Fig. 1442, kostet 3,5 bis 6,5 Mk. Fig. 1443 einen **elektrischen Schmelzofen** für kontinuierlichen Betrieb bis zu 150 Amp. bei 50 bis 70 Volt. Preis 165 Mk. — [2]) **Kaehler** und **Martini** in Berlin liefern transportable **Muffelöfen** für Koks, Holz und Steinkohlen, sowie auch Gasfeuerung von 40 bis 525 Mk.

Fig. 1441.

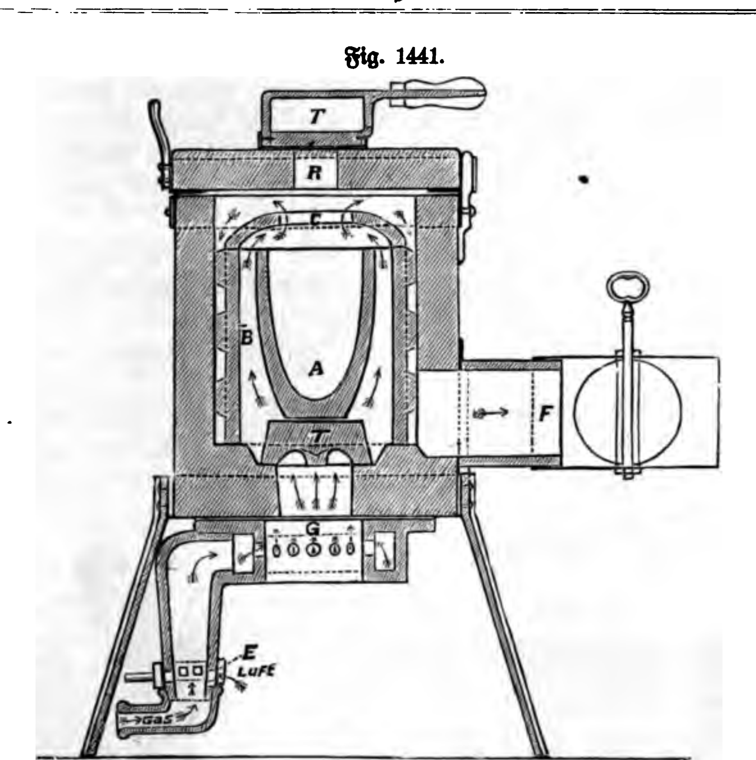
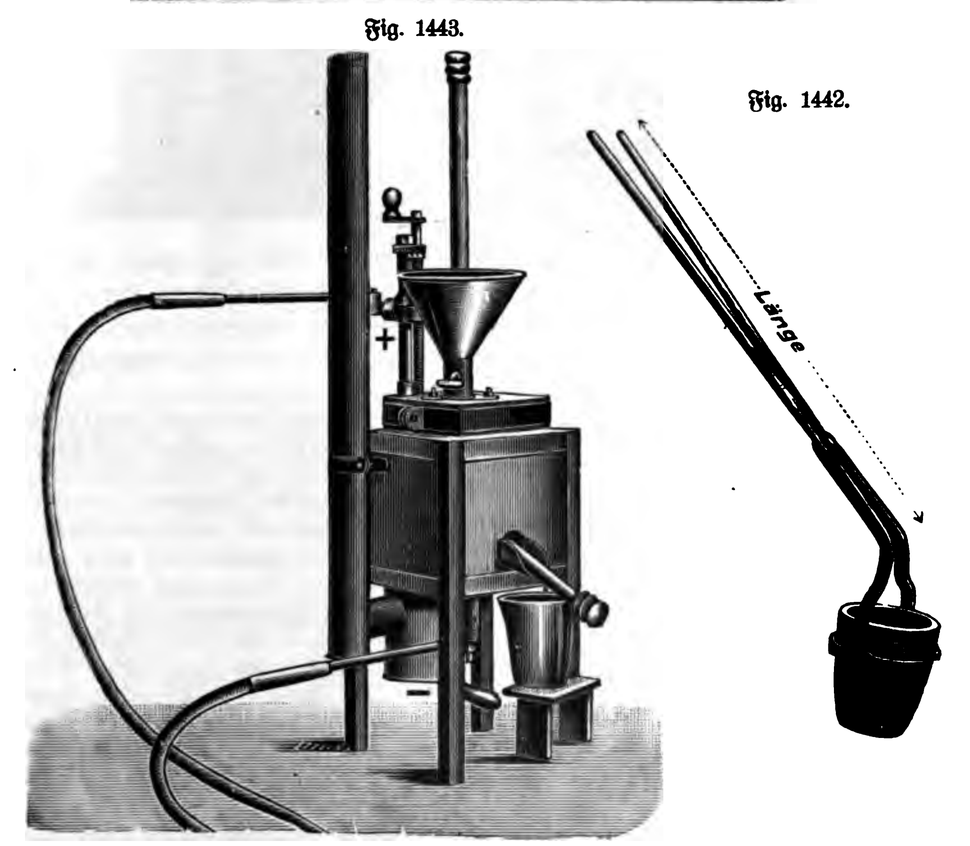


Fig. 1443.

Fig. 1442.



werden, welche aber zuvor sehr gut in der Hitze getrocknet werden müssen. Bei der Herstellung stellt man zunächst die eine Hälfte her, bringt am Rande Einschnitte oder Vertiefungen an, bestäubt mit Kohlenpulver und formt nun erst die andere Hälfte, so daß diese nicht an der ersten anhaften kann und Vorsprünge erhält, welche in die Vertiefungen der ersteren genau eingreifen und ermöglichen, die Hälften jederzeit richtig aneinander zu legen.

Es empfiehlt sich übrigens selten, solche Güsse selbst herzustellen. Man fertigt nur von dem herzustellenden Gegenstande ein Modell aus hartem Holz und überläßt die Ausführung des Gusses einer Gießerei[1]). Das Modell wird stark mit Schellack oder Emaillelack angestrichen, um das Eindringen der Nässe zu hindern.

Da wo im Gußstück Löcher ausgespart werden sollen, bringt man an dem Modell einen vorstehenden Zapfen vom Durchmesser des Loches kurz hervorstehend an, welchen man im Gegensatz zu den übrigen, in der Regel gelb lackierten Teilen, schwarz lackiert. Die Tiefe, bis zu welcher der Hohlraum reichen soll, wird durch eine rote Linie angedeutet.

Fig. 1444.



Fig. 1445.



Wollte man den Guß selbst ausführen, so wäre darauf zu achten, daß die Oxydation des geschmolzenen Metalls (am besten durch aufgebrachten Borax oder Kohlenpulver) gehindert werden muß. Erst unmittelbar vor dem Ausgießen wird diese schützende Masse mittels des sogenannten Raumlöffels weggenommen

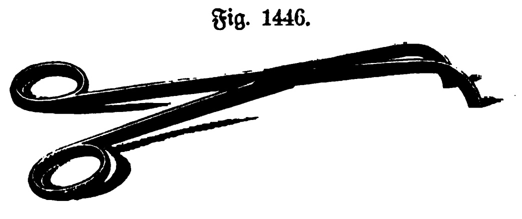
[1]) Metallguß für optische Zwecke ist zu beziehen von Reinhard Richter in Wetzlar. Schmiedebaren Eisenguß, Grauguß und Stahlguß liefert Carl Edler v. Querfurt, Eisenhütten- und Emaillierwerke, Schönheiderhammer im Sächsischen Erzgebirge. Stahlguß für Dynamomaschinen: Otto Gruson u. Co., Magdeburg-Buckau; Bergische Werkzeug-Industrie, Emil Spennemann, Remscheid; Maschinenfabrik Eßlingen, Eßlingen (Württemberg); G. Krautheim, Chemnitz-Altendorf, u. a. Guß in verschiedenen Metallen, auch Aluminium, besorgt Rich. Musculus, Berlin SO., Köpenickerstr. 113. Aluminiumguß als Spezialität liefern: Metallwarenfabrik Ambos, Dresden, Blasewitzerstr. 70 und die Aluminium- und Magnesiumfabrik, Hemelingen bei Bremen. Magnaliumguß (spez. Gew. 2,5) ist zu beziehen von der Deutschen Magnaliumgesellschaft, Berlin SW., Yorkstr. 59. Verschiedene Arten von Guß liefert ferner W. Eitner, Metallgießerei, Berlin S., Sebastianstr. 61. Von C. Zeiß in Jena sind Gußstücke eines A-Metall (spez. Gew. 2,95) und B-Metall (spez. Gew. 3,35) zu beziehen, ersteres (weiches) zu 6 Mk., letzteres zu 5,5 Mk. pro kg; ferner Kupferguß, welcher sich ebenso wie Messing bearbeiten läßt, zu 3,5 Mk. Fig. 1445 stammt von Firma Spennemann.

(Fig. 1445). Das Eingießen in die Form muß gleichmäßig, ohne abzusetzen, geschehen [1]).

g) **Löttisch und Gebläsebrenner.** Der Löttisch wird ebenfalls zweckmäßig nicht in der Werkstätte, sondern in der Schmiede aufgestellt, da die sich aus dem Lötwasser entwickelnden sauren Dämpfe alle eisernen und stählernen Gegenstände in der Werkstätte zum Rosten bringen würden. Auch kann das Erhitzen der Lötkolben eventuell in der Schmiedeesse bewirkt werden. Sonst geschieht es allerdings besser auf einem großen Bunsen- oder Gebläsebrenner, welcher dauernd unter einem zum Auflegen der Lötkolben geeigneten eisernen Stativ auf dem Löttisch aufgestellt ist. An der Wand in der Nähe befinden sich deshalb mehrere Gashähne, sowie ein oder zwei Wassergebläse.

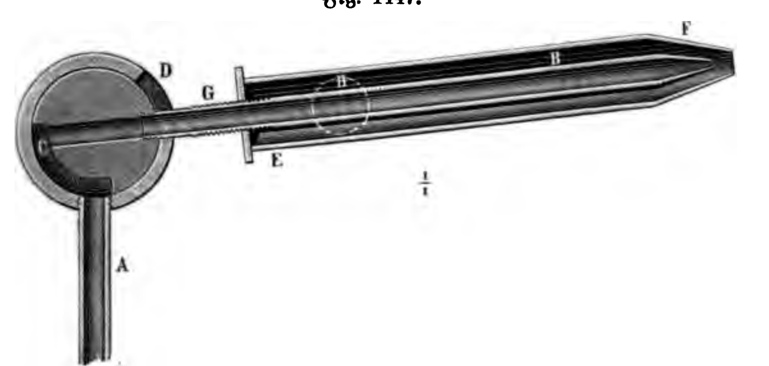
Die **Lötkolben**, sowie die sonstigen zum Löten nötigen Utensilien, zu welchen namentlich auch **Tiegelzangen** (Fig. 1446, K, 1 bis 3) und **Lötzangen** bezw. **Klammern** gehören, werden an den Wandbrettern der Fensternische, in welcher der Löttisch steht, angebracht.

Fig. 1446.



Die Einrichtung eines Gebläsebrenners zeigt Fig. 1447. Das Blasrohr A ist durch einen

Fig. 1447.



Hahn abschließbar und trägt einen zweiten Hahn, in dessen Kern das Blasrohr B eingeschraubt ist. Der Kern hat einen Kanal C zur Zuführung des Windes und die Hülse einen Ausschnitt D, wodurch man im stande ist, die Neigung der Flamme zu ändern. Am Blasrohr befindet sich das Rohr EF und es kann seine Stellung gegen das Blasrohr mittels der an letzterem angebrachten Schraube G geändert werden. Das Gas wird durch ein seitlich an EF angebrachtes, mit einem Hahn versehenes Rohr H zugeführt. Eine Gebläselampe in der Form, wie sie von **Desaga** in Heidelberg zu beziehen ist, ist in Fig. 1448 dargestellt.

Das Gas wird durch einen Kautschukschlauch in a und der Wind durch einen zweiten Schlauch in b eingeleitet. Beide Zuleitungen sind durch Hähne regulierbar

[1]) Feuerfeste Steine sind zu beziehen von den **Rheinischen Schamotte- und Dinaswerken**, Köln a. Rh.; **Wilisch u. Co.**, Stellawerk, Homburg a. Rh.; **G. Kulmiz**, Schamottefabrik, Biebrich a. Rh.; **Martin und Pagenstecher**, Fabrik feuerfester Produkte, Mülheim a. Rh.; **Dr. Schuhmacher u. Co.**, G. m. b. H., Niederdollendorf bei Königswinter; **Aachener Tonwerke**, Akt.-Ges., u. a.

und der Blasvorrichtung läßt sich durch Drehung um den Zapfen *c* jede Neigung geben. Das Gas strömt durch die Röhre *dd*, deren konzentrische Lage gegen das von *b* kommende Blasrohr aber noch durch drei Schräubchen gesichert ist. Über die Röhre *dd* wird die Röhre Fig. 1449 gesteckt, sie ist auf dieselbe aufgeschliffen, aber ziemlich leicht beweglich; ihre Stellung wird durch den an der Feder *e* befestigten Zapfen *f* gesichert. Ihr Ende *g* bildet mit dem Blasrohr oder vielmehr mit der in das letztere gesteckten Blasöffnung *o* einen kreisrunden Schnitt, durch welchen das Gas ausströmt. Bei großer Flamme wird das Rohr weiter vor-

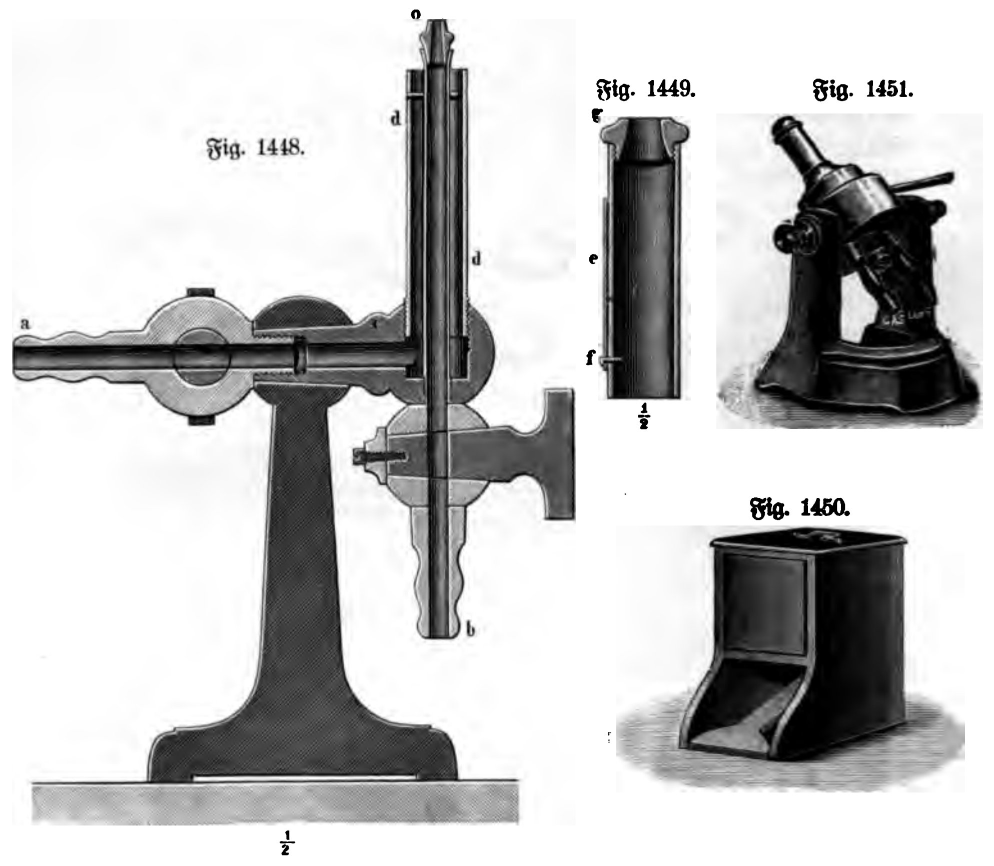


Fig. 1448. Fig. 1449. Fig. 1451. Fig. 1450.

geschoben. Man kann verschiedene Blasöffnungen in das Blasrohr einstecken[1]). An Orten, wo sich keine Wassergebläse anbringen lassen, benutzt man transportable Gebläse, wie ein solches Fig. 1450 (I.b, 42) zeigt. Andere Formen sind weiter unten bei „Glasblasen" angegeben.

Zum Löten außerhalb des Lötraumes, an Orten, wo kein Gas zur Verfügung steht, empfiehlt sich die in den Fig. 1452 und 1453 dargestellte Barthelsche Benzinlötlampe[2]), bei welcher ein Windschutzrohr aufgesetzt werden kann, das zugleich als Lötkolbenträger dient. Die Fig. 1452 zeigt die Einrichtung des Brenners. Bei Fig. 1453 ist rechts eine kleine Pumpe sichtbar, welche für Erzeugung stärkerer

[1]) Gebläselampen ohne Hähne mit bequemer Regulierung (Fig. 1451) liefern Max Kaehler und Martini, Berlin W., zu 14 Mk. — [2]) Zu beziehen von G. Barthel in Dresden-Striesen, Kyffhäuserstr. 27.

Flammen gebraucht wird. Zum Anwärmen wird auf den Deckel etwas Spiritus oder Benzin gegossen und angezündet.

Kann in der Nähe des Löttisches ein Wasserhahn mit Becken angebracht werden, so ist dies recht bequem, um kleine Stahlwerkzeuge am Gebläse härten oder eben gelötete kleine Gegenstände von Lötwasser befreien zu können. Steht Wasserleitung nicht zur Verfügung, so kann man zu gleichem Zwecke einen blechenen Wasserbehälter mit Hahn anbringen, wie solche im Handel fertig zu erhalten sind.

h) Das Löten mit dem Kolben. Man verschafft sich drei bis vier verschieden schwere und verschieden gestaltete Lötkolben von 100 bis 600 g Gewicht und auch einen ganz kleinen [1]).

Am häufigsten gebraucht wird die sogenannte Hammerform (Fig. 1454). Für schwer zugängliche Ecken ist die Spitzform erforderlich (Fig. 1455).

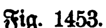
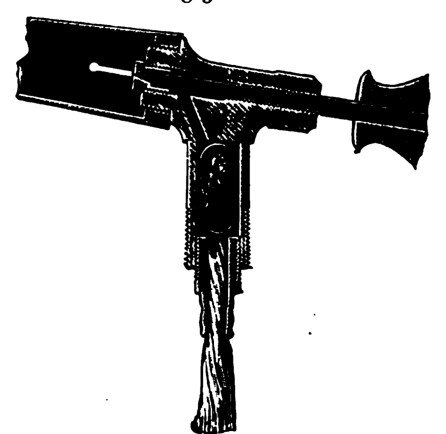


Fig. 1452.





Einen Gaslötkolben, welcher mit Gas- und Luftzuführung arbeitet, zeigt Fig. 1456. Gaslötkolben ohne Luftzuführung Fig. 1457. Die Figuren 1458 und 1459 stellen Spiritus- und Benzinlötkolben dar, Fig. 1460 elektrisch heizbare Kolben [2]).

Für die meisten Zwecke genügt ein meißelförmiger Kolben; man braucht ihn bei Gegenständen aus Weißblech oder bei solchen aus anderem Blech, die man ihrer Größe wegen nicht ganz erhitzen will oder welche dabei beschädigt würden. Vor dem Gebrauche muß der Kolben an der Schneide verzinnt werden, was sehr leicht dadurch geschieht, daß man ihn mit dem sogleich zu erwähnenden Lötwasser bestreicht, dann erhitzt, bis angehaltenes Zinn schmilzt, und ihn endlich auf einem Stück Salmiak reibt. Beim Gebrauche wird der Kolben nur so weit erhitzt, daß Zinnlot leicht daran schmilzt, dann wird er mit einem Lappen oder Fließpapier abgewischt, ein Tropfen Lot aufgenommen und die vorher mit Kolophonium bestreute Fuge damit bestrichen. Bei größeren Fugen hält man ein Stängelchen Lot neben die Fuge, um leichter mehr Lot darauf zu bringen (Fig. 1461).

---

[1]) Kleine Lötkolben nebst den erforderlichen Utensilien, in einer Schachtel vereinigt, liefert zum Preise von 3 Mk. C. von den Steinen u. Co., Stahlwarenfabrik, Wald bei Solingen (Fig. 1462). — [2]) Zu beziehen von Sonnenthal, Berlin. Lötkolben für Gas und Benzin ohne Luftschlauch liefert G. Kettmann, Berlin, Wilhelmstr. 119 (Fig. 1457).

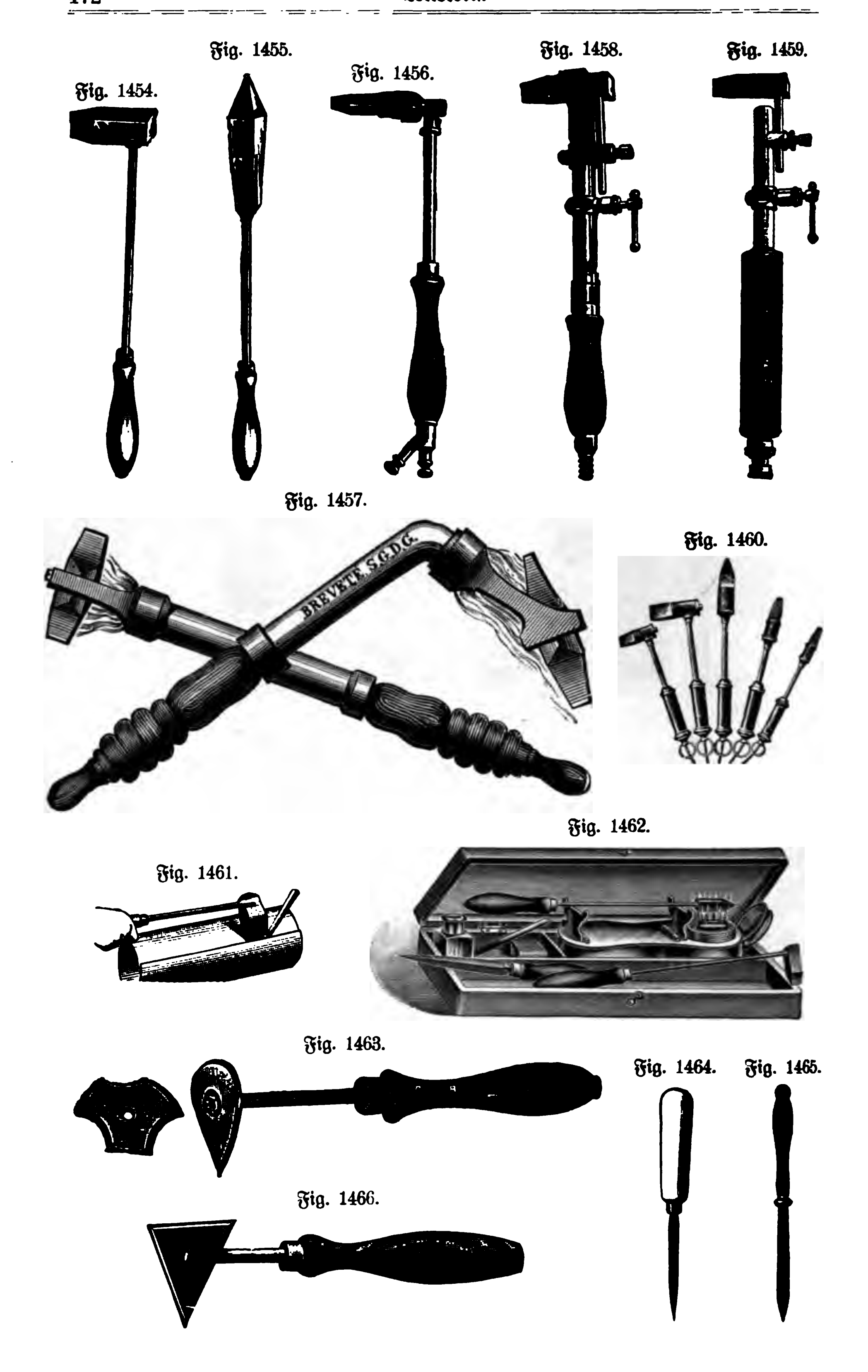


Fig. 1454. Fig. 1455. Fig. 1456. Fig. 1458. Fig. 1459.

Fig. 1457. Fig. 1460.

Fig. 1461. Fig. 1462.

Fig. 1463. Fig. 1464. Fig. 1465.

Fig. 1466.

Der Lötkolben darf niemals so stark erhitzt werden, daß er durch das Zinn angefressen wird oder Zinkblech beim Löten durchschmilzt. Er verliert in solchem Falle seine Form, muß nachgefeilt und frisch verzinnt werden.

Alle Fugen, welche gelötet werden sollen, müssen so sorgfältig als möglich aneinander gepaßt und in ihrer Umgebung mittels des Schabers[1]) (Fig. 1464, 1465 und 1466) (eventuell einer alten dreikantigen Feile, deren Spitze man so abgeschliffen hat, daß sich drei scharfe Kanten bilden) metallisch rein gemacht werden; ebenso muß man mit Sorgfalt die Fugen gegeneinander befestigen, was gewöhnlich durch Binden mit gut ausgeglühtem Eisendraht geschieht, oder durch aus stärkerem, hartem Drahte gebogene Lötklemmen, wie Fig. 1467 und 1468.

Das gewöhnliche Lot besteht aus etwa gleichen Teilen von Zinn und Blei. Man kann auch reines Zinn nehmen, welches etwas schwerer schmilzt.

Als Lötwasser dient Chlorzinkammonium, welches man auf folgende Weise erhält: 32 Tle. Zink werden in so viel als nötig Salzsäure gelöst und dann 22 Tle. Salmiak zugesetzt und das Ganze in einer Porzellanschale trocken gedampft;

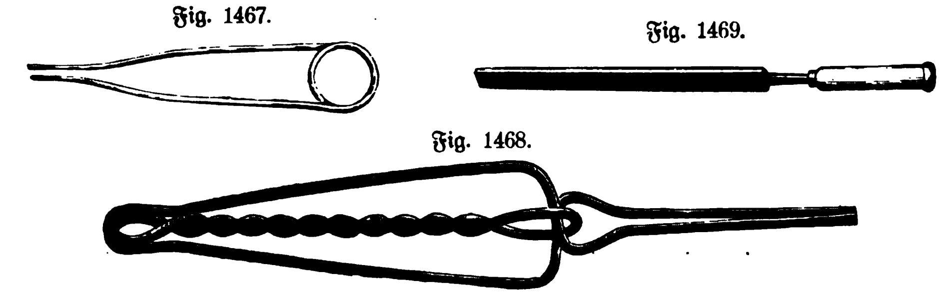


Fig. 1467. Fig. 1469. Fig. 1468.

man löst das Salz in so viel Wasser als nötig und filtriert. Bei diesem Lötwasser ist es kaum nötig, die zu lötenden Gegenstände vorher zu reinigen, falls sie nicht gar zu unrein sind.

Für manche Arbeiten ist ein Anhäufen von Lot zweckmäßig, z. B. zum Ausfüllen einer tiefen Lötfuge, einer unschönen Beule im Blech und ganz besonders auch dann, wenn eine Lötfuge größere Festigkeit erhalten oder gegen chemische oder Witterungseinflüsse mehr geschützt werden soll. Nachträglich wird die Stelle durch Überarbeiten mit Zinnfeile (Fig. 1469) und Schaber völlig geglättet.

Nach einem Patent von H. Schmidt kann auch Aluminium wie anderes Blech mit dem Kolben gelötet werden, wenn man die Lötstelle mit einer Mischung von 2 Tln. Zinnchlorür und 1 Tl. Zinnchlorür-Chlornatrium bestreut.

Nicolai (1894) empfiehlt als Flußmittel Chlorkadmium und Jodkadmium. Das Lot (Zink, Zinn oder eine Legierung) wird mit gepulvertem Chlor- oder Jodkadmium überstreut und sodann in der Flamme gelötet. Auch eine Mischung von Chlorzink und Chlornatrium ist zu gebrauchen[2]).

Ferner wird empfohlen eine Legierung von 1 Tl. Aluminium mit 3 Tln. Zink mit Kopaivabalsam als Flußmittel[3]).

[1]) Einen Universalschaber nach Fig. 1463 liefert E. Bauer in München, Frauenstraße 19 zu 2,7 Mk. — [2]) Aluminiumlot mit Gebrauchsanweisung liefert die Aluminium-Aktiengesellschaft, Berlin SW., Lindenstr. 101, zu 5 Mk. pro Kilogramm. Aluminiumlötungen werden ausgeführt in der Werkstatt von Oliven, Berlin, Wilhelmstr. 39. — [3]) Säurefreies Lötwasser, welches sich für alle Metalle, auch zum Löten mit Blei, eignet, liefert Julius Schomberg in Kassel. Andere Bezugsquellen

Beispiele der Ausführungen von Lötungen mit dem Kolben zeigen die Fig. 1470, 1471, 1472 und 1473.

Bei elektrotechnischen Arbeiten, z. B. beim Verlöten von Leitungsdrähten, ist häufig die Benutzung von Lötwasser ausgeschlossen, da dasselbe die Isolierung leitend machen oder zu Oxydationen Veranlassung geben könnte. Man verwendet dann statt des Lötwassers Kolophonium oder Stearin[1]).

i) Das Löten in der Flamme. Viel häufiger als das Löten mit dem Kolben, welches immer nur bei dünnen Körpern durchwirkt, kommt das Löten durch Erhitzen des ganzen Stückes vor und dieses ist ungemein leicht auszuführen. Man bestreicht nämlich die Fugen mit Lötwasser, erwärmt sie über der Weingeist- oder Gaslampe so lange, bis ein von Zeit zu Zeit daran gehaltenes Stückchen Lot fließt. Dieses zieht sich nun rasch in die Fuge hinein und fließt leicht hindurch. Wesentlich ist, daß der Gegenstand bis zum Erstarren des Zinns ruhig gehalten wird. Bei gehöriger Vorsicht hat man beinahe nichts zu verputzen. Sollten sich aber Lottropfen äußerlich ansetzen, so werden sie nach dem Erkalten mit Raspel und Schaber sauber entfernt. Jedenfalls müssen Reste des

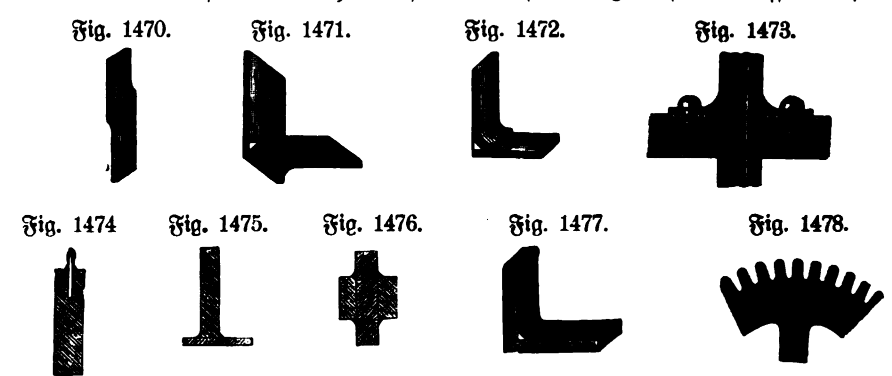


Fig. 1470. Fig. 1471. Fig. 1472. Fig. 1473.

Fig. 1474 Fig. 1475. Fig. 1476. Fig. 1477. Fig. 1478.

Lötwassers durch Abspülen mit Wasser sorgfältig entfernt werden, weil sonst eine Oxydation nachfolgt, welche an dünnen Stücken schädlich werden kann, und weil die Hände das Lötwasser auf andere Gegenstände übertragen.

Beispiele solcher Lötungen zeigen die Fig. 1474, 1475, 1476, 1477 und 1478. Letztere stellt ein Zahnrad dar, bei welchem ein abgebrochener Zahn durch einen eingelöteten neuen ersetzt wurde. Der schwalbenschwanzförmige Fuß desselben wird zunächst in einen eingefeilten, entsprechend geformten Einschnitt genau eingepaßt und mittels des Hammers eingetrieben, so daß er schon durch die Spannung einigermaßen hält; alsdann läßt man Zinn in die Fuge fließen.

Beim Zusammenlöten von Messing und Kupfer fließt weiches Lot durch, sobald es schmilzt, und man sieht schon an der Farbenänderung des Messings oder Kupfers, wenn diese Hitze erreicht ist; bei Eisen aber muß man meist noch etwas stärker erhitzen, ehe das Lot an dem Eisen gehörig adhäriert. Wenn man darum Gegenstände zu löten hat, die keine stärkere Erhitzung mehr ertragen — weil sie vielleicht an anderen Stellen schon gelötet sind —, so verzinnt man das Eisen vorher für sich, wie oben für den Lötkolben angegeben ist, mit dem Unterschiede, daß

---

sind: Mx. Jls. Gramm, Stuttgart; Fr. Seyd, Berlin SO., Reichenbergerstr. 150; F. Menzer, Chem.-techn. Fabrik, Karlsruhe. — [1]) C. Herbert Torrey, Berlin SO., Waldemarstr. 64 liefert Lötzinn in Röhrenform mit Kolophoniumfüllung.

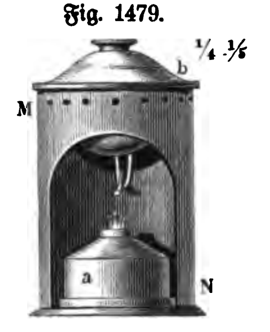
man das Zinn nicht mittels Fließpapier, sondern mittels eines Stückes Salmiak verreibt.

Sehr feine zu verlötende Drähte und dergleichen Dinge, welche auch bei kleiner Flamme sofort schmelzen oder verbrennen, oder wie Platin sich mit Zinn legieren würden, lötet man in der Art, daß man sie nach dem Benetzen mit Lötwasser in einen auf dem platt geschlagenen Ende eines starken erhitzten Drahtes befindlichen Zinntropfen oder einem mit geschmolzenem Zinn gefüllten Fingerhut eintaucht.

Um ein Platinblättchen auf eine Feder zu löten, verzinnt man die Feder an der betreffenden Stelle, legt das Blättchen auf, drückt es mit einem spitzen Draht an und erhitzt bis zum Schmelzen des Zinns. Man kann auch das Blättchen mit einer Flachzange anpressen und samt der Zange erhitzen. Dabei ist man sicher, daß keine Verschiebung eintritt, wenn das Lot schmilzt.

Wenn an demselben Gegenstande wiederholt gelötet werden soll, und zwar so, daß schon gelötete Stellen mit erhitzt werden müssen, so muß man bei jeder folgenden Lötung leichtflüssigeres Lot anwenden und also von vornherein darauf Rücksicht nehmen. Auch kann man einzelne Stellen durch Einklemmen in einen Feilkloben und dergleichen kalt halten.

Fig. 1479.



Unter der Bezeichnung Ferrofix[1]) wird auch ein Mittel zum Löten von Gußeisen in den Handel gebracht.

k) Das Bleirohrlöten. Eine häufiger vorkommende Arbeit ist das Zusammenlöten von Bleiröhren. Die Erhitzung geschieht meist durch die Lötlampe (Fig. 1479). In einem Cylinder *MN* aus Schwarzblech, der oben herum eine Reihe kleiner Öffnungen hat, ist ein Ring von etwa 5 mm Höhe auf dem Boden befestigt, um der Weingeistlampe *a* ihren richtigen Platz zu geben. Oben in dem Cylinder *MN* wird das aus starkem Kupferblech getriebene Gefäß *b* eingesetzt, welches eine mit einer Schraube verschließbare Öffnung und ein gebogenes Rohr erhält. Für letzteres ist hinten im Cylinder ein Schlitz eingeschnitten und für den Austritt der Flamme und das Einführen der Lampe vorn eine gehörig große Öffnung. Die etwa 1 mm weite Öffnung des Blasrohrs ragt bis nahe an die Flamme der Weingeistlampe, und zwar in der Mitte zwischen dem Docht der Lampe *a* und dem Boden von *b*. Das Gefäß *b* ist in Fig. 1480 noch besonders abgebildet. Die Deckelschraube ist mit einem kleinen Sicherheitsventil mit Feder versehen. Lampe und Gefäß *b* füllt man mit Brennspiritus, letzteres bis zu halber Höhe.

Fig. 1480.



Gefährlich wird das Arbeiten mit einer solchen Lampe dann, wenn der Docht der Spirituslampe *a* nicht hinreichend dicht an die Dochtröhre anschließt oder wenn die Dochtröhre luftdicht auf dem Gefäß aufsitzt. Im ersten Falle entstehen, insbesondere beim Anzünden der Lampe, leicht Explosionen, indem das über dem Weingeist lagernde Gemisch von Weingeistdampf und Luft sich entzündet und den Docht oft mit großer Kraft herausschleudert. Hängt nun derselbe über den oberen

[1]) Zu beziehen von Rud. Winnikes, Berlin C., Münzstr. 10.

Teil über oder ist er auch nur um ein beträchtliches Stück gehoben worden, so entsteht eine große Flamme, die den Spiritus im oberen Gefäße zum Aufstoßen bringt, so daß anstatt Dampf auch brennender Spiritus ausläuft, der die Flamme vergrößert, auch in der Lampe den Spiritus zum Kochen bringt u. s. f., bis schließlich das Ganze in eine große Flamme eingehüllt ist und weithin brennenden Spiritus schleudert, der da und dort, wo er brennbares Material findet, zünden kann. Da die Explosionen einen kaum hörbaren Knall erzeugen, so bemerkt man die Vergrößerung der Flamme oft erst spät. Ist es noch möglich, die Flamme auszublasen, blase man nicht von vorn, sondern von der Rückseite, welche zu diesem Zwecke in der Höhe der Flamme nicht, wie in der Figur, ganz, sondern durchbrochen sein muß. Ist das Ausblasen nicht mehr möglich, so wirft man am besten das ganze in einen gefüllten Wassereimer oder in das Wasserabflußbecken und läßt Wasser darüber strömen. Auch Zudecken mit Sand oder einem Tuche dürfte von Nutzen sein, doch nicht in gleichem Maße. Am sichersten geht man aber, wenn man einen genau einpassenden Docht nimmt und in einiger Entfernung von der Flamme eine feine Öffnung anbringt, durch welche der Spiritusdampf beim Warmwerden der Lampe entweichen kann, ohne sich an der Flamme zu entzünden. Fehlt die Öffnung, so wird der Spiritus in dem Maße, als infolge der Erwärmung der Dampfdruck steigt, in dem Docht emporgetrieben, läuft an der Außenseite der Lampe herunter und bewirkt so ebenfalls, daß das Ganze sich allmählich in Feuer einhüllt und gefährlich wird.

Fig. 1481.



Häufig gebraucht werden auch die schon oben erwähnten Barthelschen Benzinlötlampen[1]). Fig. 1481 zeigt eine einfache Benzinlötlampe, bei welcher durch Aufsetzen der daneben stehenden Brennerrohre verschiedene Flammengrößen erzielt werden können[2]).

Die käuflichen Röhren sind zusammengerollt, häufig auch vielfach verbogen und gekrümmt. Soll ein solches Rohr von einigen Metern Länge gerade gerichtet werden, so fassen es zwei Arbeiter an beiden Enden und schwingen es einige Male auf und ab. Das eigene Gewicht des Bleies erzeugt schon von selbst den zum Geradestrecken nötigen Zug.

Arbeitet man mit längeren Röhren, so läßt man dieselben aufgerollt und hängt die ganze Rolle an einen in der Nähe der Arbeitsstelle provisorisch eingeschlagenen Spitzstahl und operiert nur mit dem freien Ende. Erst wenn dieses in geeigneter Weise gebogen und befestigt ist, wickelt man ein weiteres Stück ab und hängt die Rolle an einem etwas entfernteren Punkte auf.

Sorgfältig ist zu vermeiden, daß Knickungen im Rohre entstehen. Bei weiteren Röhren schiebt man vor dem Biegen eine Stahldrahtspirale ins Innere, welche sich nachher durch Zusammendrehen leicht wieder entfernen läßt.

Ist dennoch eine Knickung entstanden, so läßt sie sich zuweilen durch Drücken mit der Gaszange oder, wenn die Stelle nahe am Ende ist, durch Einführen eines stählernen Dorns wieder, wenn auch unvollkommen, beseitigen.

---

[1]) Zu beziehen von Sonnenthal, Berlin, zu 12,50 Mk. — [2]) Von Gust. Barthel, Dresden-Striesen, Kyffhäuserstr. 27.

Durch Ziehen läßt sich ein Bleirohr bis zu gewissem Grade strecken, d. h. verlängern, durch Zusammendrücken, bezw. Überhämmern, während die Enden befestigt sind, stauchen, d. h. verkürzen.

Man macht hiervon vielfachen Gebrauch, z. B. wenn die Länge einer Röhre nicht ganz zureicht oder wenn eine Lötung dicht an einer Wand ausgeführt werden soll. Man läßt die Röhren etwas länger, biegt sie von der Wand ab, und hämmert sie erst nach vollzogener Lötung zurück.

Zum Abschneiden der Bleiröhren dient entweder eine Säge oder ein gewöhnliches Messer (Bleimesser, Fig. 1482) oder ein Bleiröhrenabschneider (Fig. 1483).

Die beiden zu verbindenden Rohrenden werden zunächst blank geschabt oder geraspelt, sodann das eine etwas erweitert, bis sich das andere einstecken läßt[1]). Hierzu schiebt man einfach ein konisches Stück Holz oder Stahl (Bleirohraufreiber, Fig. 1485) in die Öffnung ein und dreht es unter wiegender Be-

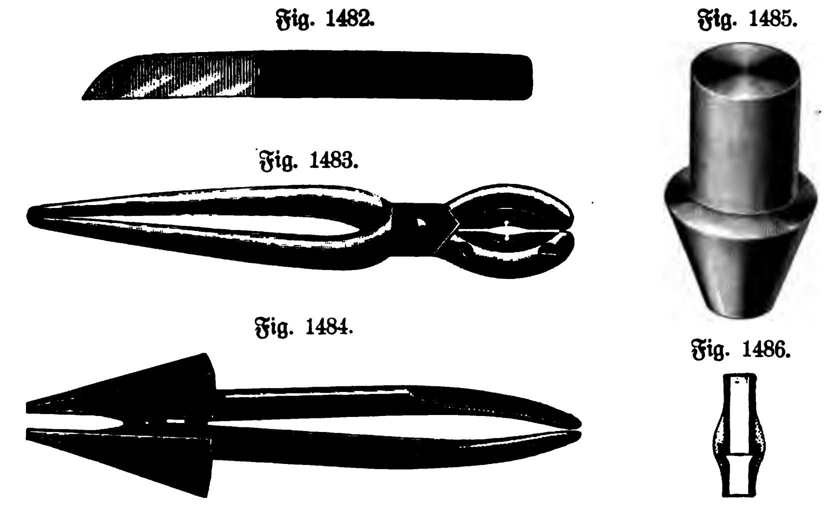


Fig. 1482. Fig. 1485. Fig. 1483. Fig. 1484. Fig. 1486.

wegung so lange darin herum, bis die gewünschte Weite erreicht ist. Nun setzt man das zweite Rohr ein und drückt das erweiterte mit der Gaszange wieder so weit zusammen, daß es dicht an das andere anschließt (Fig. 1486). Zum Verlöten erwärmt man zunächst schwach, bestreicht mit einem Stück Stearinkerze oder mit Kolophonium, welches mit etwas Hanf zusammengeschmolzen wurde, erwärmt sodann weiter, bis angehaltenes Zinnlot schmilzt, häuft einen dicken Ring von Lot um das obere Rohrstück und verstreicht denselben mittels eines mit Talg gefetteten, mehrfach zusammengelegten Leinwandläppchens so, daß über der Fuge der Röhre ein dicker Wulst von Lot übrig bleibt. Durch zeitweises Erwärmen mit der Lampe muß dafür gesorgt werden, daß das Lot in teigigem Zustande bleibt, bis die Lötstelle vollendet ist. Ferner muß durch öfteres Bestreichen mit Stearin oder Kolophonium die Oberfläche oxydfrei und glatt erhalten werden. Zinnreiche Lote oder reines Zinn sind unbrauchbar, da sie nicht hinreichend lange teigartig bleiben, sondern rasch schmelzen.

Soll die Lötstelle nicht verdickt sein, so kann man das eine Ende mittels des

[1]) Eine Zange zum Ausweiten von Bleiröhren, Fig. 1484, liefern Delisle u. Ziegele in Stuttgart zu 6 Mk. Die anderen Figuren stammen von H. Hommel.

Bleirohrfräsers (Fig. 1487) konisch verjüngen, das andere ebenso konisch ausreiben. Nunmehr befestigt man die beiden Rohrstücke und bewirkt die Lötung, wie Fig. 1488 andeutet.

Ist eine Röhre seitlich an eine andere anzusetzen, so bohrt man zunächst mittels des Messers oder des „Kronenbohrers“ (Fig. 1489) ein kleines

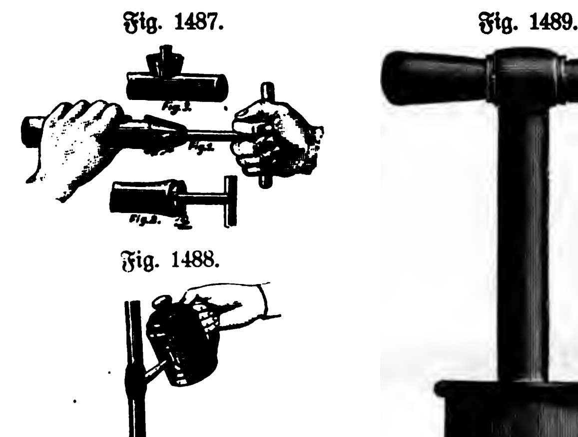


Fig. 1487.

Fig. 1488.

Fig. 1489.



Fig. 1490.

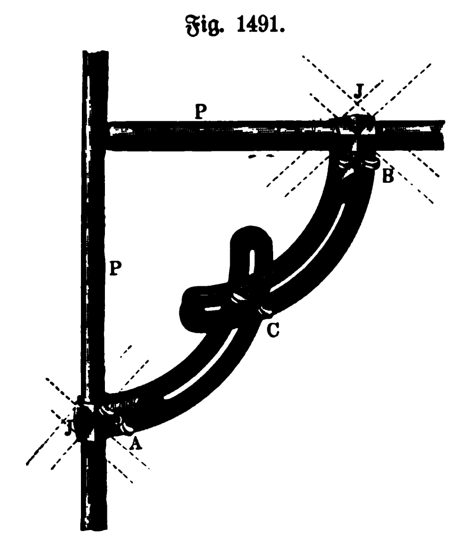


Fig. 1491.

Loch, da wo der Zweig angesetzt werden soll, und reibt es mittels des Bleirohrausreibers (Fig. 1490) so weit aus, daß das konisch zugeschärfte Rohrende gerade einpaßt, befestigt dann die beiden Röhren z. B. durch eine Rohrlötklemme (Fig. 1491) und vollzieht die Lötung wie oben.

Bleiplatten werden bei Herstellung größerer Gefäße (z. B. für Schwefelsäurefabrikation) mittels des Wasserstoffgebläses an den zu vereinigenden Kanten verschmolzen, verlötet. Die Arbeit erfordert, wenn sie sauber ausgeführt werden soll, große Vorsicht und viel Übung. Wo dies unnötig ist, könnte man die zu verlötenden Ränder zusammen aufbiegen, so daß sie mit breiter Fläche aneinander liegen, damit, falls einmal zu viel abschmilzt, dennoch Berührung stattfindet. In anderen, minder einfachen Fällen verfährt man wie beim Gießen, d. h. man bringt die Teile in eine entsprechende Form, welche das Abtropfen hindert.

Nach Weiler eignet sich zum Löten von Blei Bleiamalgam in geringer Menge aufgetragen. Das Quecksilber verflüchtigt sich durch die Erhitzung.

1) Kaltlöten und Verstemmen. Gegenstände, die keine Erhitzung aushalten dürfen, können mit Kupferamalgam (Wiener Metallkitt) kalt gelötet

werden. Man stellt durch Fällen von Kupfervitriollösung durch eingelegte Zinkstreifen feines Kupferpulver her und übergießt 20 bis 36 Tle. davon mit konzentrierter Schwefelsäure und 70 Tln. Quecksilber, rührt um, wäscht aus und läßt abkühlen. Zum Gebrauch erhitzt man dieses Lot auf 375°, wodurch es plastisch wird, und bringt es dann auf die zu vereinigenden Flächen. Als Lötwasser dient zweiprozentiges Natriumamalgam.

Für gußeiserne Röhren u. s. w. wird zuweilen ein Kitt verwendet, bestehend aus 1000 g Eisenpulver, 150 g Schwefelblumen und 20 g Salmiak mit Wasser zu Teig geknetet. Gewöhnlich werden aber gußeiserne Röhren in der Weise verbunden, daß man zunächst, wie Fig. 1492 andeutet, zur vorläufigen Abdichtung einen Hanfzopf einbringt, dann den Zwischenraum zwischen Rohr und Muffe mit geschmolzenem Blei ausfüllt und dieses nach dem Erstarren mittels stumpfer gebogener Meißel (Stemmmeißel, Fig. 1493) verdichtet oder verstemmt.

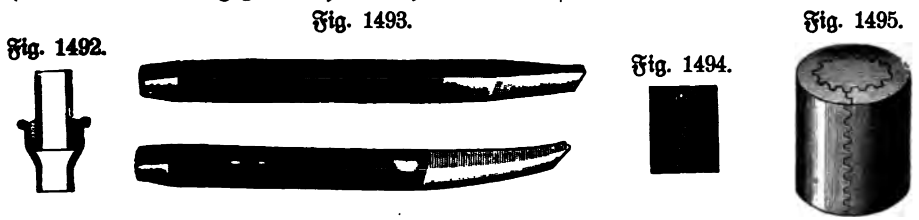


Fig. 1492. Fig. 1493. Fig. 1494. Fig. 1495.

m) Das Hartlöten. Das Hartlöten mit Silberlot, Schlaglot u. s. w. wird in der Regel vor der Bearbeitung der zu vereinigenden Teile durch Feilen, Drehen u. s. w. vorgenommen, da durch die intensive Hitze die Oberfläche beschädigt werden kann.

Die Teile werden tunlichst, wie die Fig. 1494 und 1495 zeigen, miteinander verzinkt.

Wenn die Fugen gut zusammengepaßt, gereinigt und gebunden sind, bestreicht man sie mit Wasser, streut etwas Borax darauf, legt die Lotstückchen auf die Fuge und bestreut auch sie noch mit Borax, oder man mischt die Lotstückchen in einen Brei aus Borax und wenig Wasser und trägt sie so auf. Der Gegenstand wird nun langsam erwärmt, bis der Borax sich nicht mehr aufbläht, wobei man Sorge trägt, daß das Lot an seiner Stelle bleibt; Silberspänchen steckt man zu dem Ende wohl auch unter den Bindedraht. Die Fuge muß möglichst eng sein, damit das fließende Lot nicht hindurch tropft. Bei kleinen Gegenständen hat es oft eigene Schwierigkeiten, das Lot an seiner Stelle zu erhalten, wenn man gewöhnlichen Borax anwendet; in solchen Fällen nimmt man dann Boraxpulver, dem man durch vorheriges Erhitzen sein Kristallwasser genommen hat (kalzinierter Borax), und wendet natürlich nun kein Wasser an, oder Streuborax, welcher aus 4 Tln. Pottasche, 3 Tln. geglühtem Kochsalz und 2 Tln. Borax zusammengeschmolzen ist [1]).

[1]) Nach Patent Pich eignet sich besser ein Gemenge von Borsäure und kohlensaurem Natron. Zusatz von Kochsalz macht es leichtflüssiger. O. Lenger u. Co., Berlin N., Zehdenickerstr. 11, liefern besondere Hartlotsalbe, sowie Brillant-Hartlötpulver (1 kg 1,20 Mk.), welches sich nicht wie Borax aufbläht. Eine andere Hartlötsalbe (Pertinax) ist zu beziehen von C. Wiedemann, Waldhausen-Hannover, Waldstr. 6. Ferrofix zum Löten von Gußeisen liefert Rudolf Winnikes, Berlin. Dieselbe Firma liefert Borfix, Ersatz für Borax. Von Alfred Stüble, Berlin, wird besonders „Pertinax" als Ersatz für Borax empfohlen.

Beim Löten von Messing muß man vorsichtig sein, damit dieses nicht durch schlecht geleitete oder überhaupt zu große Hitze stellenweise selbst in Fluß gerate — verbrenne. Beim Löten von Kupfer und Eisen hat man dies weniger zu fürchten.

Sind mehrere Lötungen nacheinander auszuführen, so verwendet man entweder immer leichter schmelzbare Lote oder schützt die bereits fertigen Stellen durch Umhüllen mit Lehm.

Beim Löten von größeren Eisenteilen legt man die als Lot dienenden Messing- oder Kupferstreifen so an die Fuge, daß sie dicht anliegen, befestigt sie, wenn nötig, mit Bindedraht, umhüllt nun das Ganze sorgfältig mit Lehm, welchem Hanf beigemischt ist, trocknet langsam an einem warmen Orte und erhitzt schließlich in der Schmiedeesse zum Glühen, bis sich grüne Flämmchen von verdampfendem Kupfer zeigen.

Für kleine Gegenstände nimmt man als Lot am besten Silber. Eine Mark wird unter wiederholtem Ausglühen zu dünnem Bleche ausgeklopft, und hiervon schneidet man dann Stückchen von ungefähr 1/2 bis 1 mm Breite und 5 mm Länge herunter, wenn auch ein großer Gegenstand zu löten wäre. Der Kostenpunkt ist unbedeutend; man reicht weit mit einer Mark, und mit Silber gelötete Gegenstände können geklopft und gebogen werden, ohne daß die Lötstelle aufspringt, was bei Messingschlaglot nicht, oder doch wenigstens nicht immer der Fall ist.

Zum Löten des leicht schmelzbaren Messings verwendet man am vorteilhaftesten das Silberlot (neun- bis zwölflötiges Silber mit Messing legiert), welches man bei den Silberarbeitern in verschiedener Schmelzbarkeit schon in Blech ausgewalzt erhalten kann.

Nach den Untersuchungen der physikalisch-technischen Reichsanstalt sind folgende Legierungen als Hartlote für Messing zweckmäßig[1]):

48 Kupfer	48 Zink	4 Silber	(für erste Lötungen)	Schmelzp.	850 bis 905°
43 „	48 „	9 „	(„ zweite „)	„	830 „ 860°
38 „	50 „	12 „	(„ dritte „)	„	680 „ 730°.

Um hart Gelötetes von Borax zu befreien, legt man die Stücke in verdünnte Schwefelsäure.

Zum Löten sehr kleiner Gegenstände genügt die Hitze der Gasgebläselampe, ja selbst die mittels des Lötrohrs angefachte Flamme der Weingeistlampe. Wenn nicht, so bringt man die Gegenstände auf eine buchene Kohle gegen den Rand hin, umgibt sie noch mit passenden Kohlenstücken von drei Seiten und deckt eine größere Kohle darauf, wonach man wieder das Lötrohr anwendet, bis das Lot auf der Lötstelle zerfließt. Darauf entfernt man die umgebenden Kohlen und löscht den Gegenstand — wenn nicht Eisen dabei ist — sofort in Wasser ab. Auf eine sichere Lage des zu lötenden Gegenstandes zwischen den Kohlen muß man besonders Bedacht nehmen, sowie darauf, daß man die Lötstelle gut sehe. In Ermangelung eines Gebläses muß man sich darauf einüben, durch das Lötrohr ununterbrochen zu blasen und inzwischen durch die Nase atmen.

In der einfachsten Form besteht das Lötrohr, Fig. 1496, aus einem engen, schlank konisch zulaufenden, in der Nähe der Spitze rechtwinklig umgebogenen Messingrohr *b*. Die Platinspitze *h*, welche in Fig. 1497 vergrößert im Durchschnitt gezeichnet

[1]) Zu beziehen von Max Cochius, Berlin S., Ritterstr. 113.

ist, hat eine nur feine Öffnung, durch welche ein sehr dünner Luftstrom austritt, falls man in das andere Ende hineinbläst. Man leitet diesen Luftstrom in eine Spiritus- oder Gasflamme quer über den Docht oder die Mündung des Brenners. Es entsteht so eine seitlich gerichtete, sehr heiße Stichflamme, in welcher dünner Messing-, Kupfer- und Silberdraht leicht zum Schmelzen gebracht werden kann. Der Bequemlichkeit halber versieht man wohl das weitere Ende des Lötrohres mit einem Mundstück *a* und die Biegung zur Ansammlung etwa mitgerissener Feuchtigkeit mit einem abzuschraubenden Wassersack *c d*.

Bei Benutzung eines Bunsenschen Brenners, wie es gewöhnlich geschieht, setzt man in diesen ein schief abgeschnittenes Rohr ein, welches in einem etwa 1 cm langen und $1^1/_2$ bis 2 mm breiten Spalt endet. Je nachdem man die Lötrohrspitze

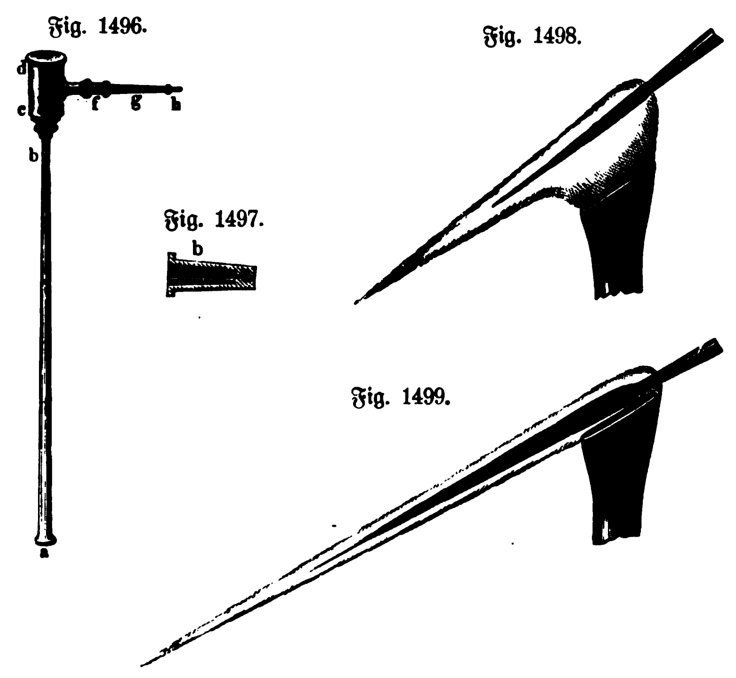


Fig. 1496. Fig. 1497. Fig. 1498. Fig. 1499.

nur an den Rand der Flamme oder in das Innere derselben bringt, entsteht die Reduktions- oder Oxydationsflamme, erstere (Fig. 1498) rauschend und leuchtend, letztere ruhig blau brennend und sehr spitz zulaufend (Fig. 1499).

Noch bequemer ist es, wenn die Spitze fest mit der Lampe verbunden ist, so daß man sie nicht zu halten braucht und mit dem Mundstück durch einen dünnen, leicht beweglichen Kautschukschlauch in Verbindung steht. Man macht dazu einen Brenner, wie ihn die Fig. 1500 und 1501 in natürlicher Größe darstellen. Die Öffnung für das Gas darf nur ein haarfeiner Schnitt sein. Das Lötrohr steckt man, wie Fig. 1500 zeigt, in das innere Rohr; es muß darin feststecken und bis zur Brennöffnung reichen. Man erhält so eine Hitze, bei der man an Kupferdraht von 1 bis $1^1/_2$ mm Dicke ohne Beihilfe von Kohlen einen Knopf anschmelzen kann, während man das Feuer bis auf die feinste blaue Spitze mäßigen und auf die kleinsten Stellen Feuer geben kann. Außerdem kann man den Gegenstand auf der Werkbank beliebig legen und das Feuer in jeder beliebigen Richtung dagegen bringen und allmählich darum herumführen. Endlich kann man das Lötrohr bis auf die

Spitze entfernen und letztere durch einen Kautschukschlauch mit einem Gebläse in Verbindung setzen, wodurch die Vorrichtung weit handlicher wird.

Hat man weder Gas noch Wasser zur Verfügung, so verbindet man das Gebläse mit beiden Hähnen, schaltet aber in die Leitung, welche Gas liefern soll, ein mit Roßhaar ausgestopftes Blechgefäß ein, in welches durch einen verschließbaren Tubulus so viel Petroleumäther eingegossen wird, bis das Roßhaar damit völlig durchtränkt ist. Die Luft nimmt den Petroleumätherdampf auf und brennt fast ebensogut wie Leuchtgas.

Ein einfaches und für manche Zwecke sehr brauchbares Lötrohr für Petroleumäther (Fig. 1502) wird von der Telegraphenbauanstalt von Mix

Fig. 1500. Fig. 1501.

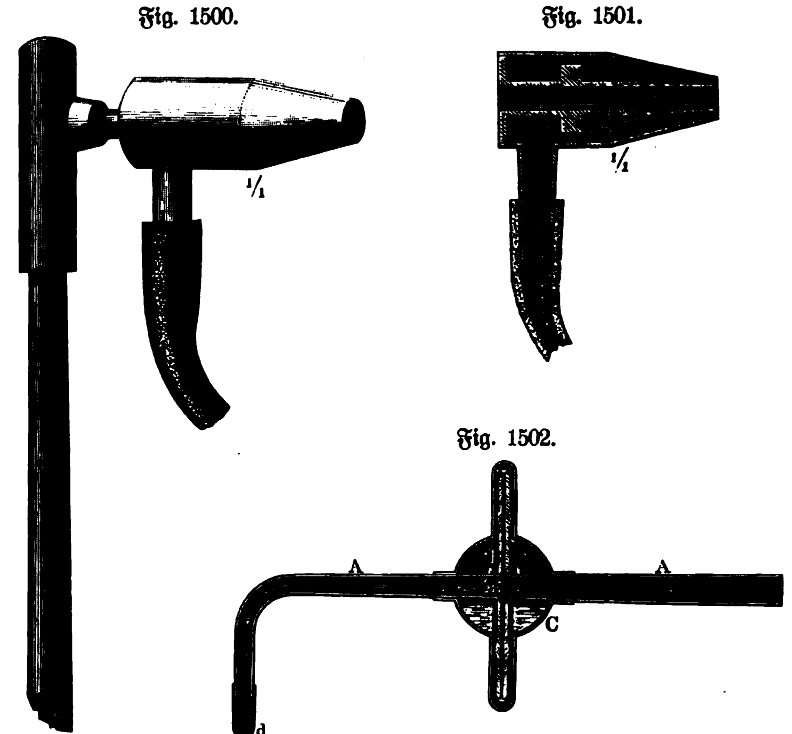


Fig. 1502.

und Genest in Berlin konstruiert. In der Mitte ist ein flacher, kugelförmig erweiterter Behälter *C* für Petroleumäther angebracht, in dem sich die mit Docht umwickelte Scheibe *B* befindet. Aus dem Rohr *A A* glangt die Luft, wie die Pfeile zeigen, durch die Öffnungen *a* und *a'* in das Äthergefäß und sättigt sich hier mit dem Dampfe derselben, so daß sie, bei *d* angezündet, eine kräftige Stichflamme erzeugt. Durch Drahtnetze bei *d* ist ein Zurückschlagen der Flamme verhindert.

Auch mit den Barthelschen Benzin- und Spirituslötlampen kann man die meisten harten Lötungen vornehmen. Wenn die Umstände ein größeres Feuer verlangen, so bringt man den zu lötenden Gegenstand zwischen wohl angefeuerte Holzkohlen in die Esse oder in ein gut ziehendes Kohlenbecken[1]).

[1]) Ein transportables Gasolingebläse zum Glühen, Schmelzen und Löten (nach Fig. 1504) liefert Dr. Hermann Rohrbeck, Berlin NW., Karlstr. 20a. Besondere Lötöfen liefert die Deutsche Kontinentalgasgesellschaft in Dessau.

Unentbehrlich sind dabei eine Handzange und ein Handblasebalg. Man muß besonders für eine sichere Lage der Gegenstände sorgen, damit die Lötstelle stets sichtbar bleibe. Das Gebläse der Esse darf nur schwach gebraucht werden und man muß, wie beim Kohlenbecken, mittels eines Stückes Pappe oder Blech oder mittels des Federnfächers (Fuggers) die Kohlen gehörig anfachen.

Von anderen als den genannten Metallen kommen beim Hartlöten besonders Gold und Platin [1]) in Betracht [2]).

Goldlot besteht aus Gold und $^1/_{16}$ Tl. Silber. Silber wird mit Hartlot gelötet, welches aus einer Mischung von Silber mit Messing besteht.

Platin läßt sich mit 18karätigem Gold löten. Nach Pratt bringt man auf die Lotfuge etwas kristallisiertes Goldchlorid, erhitzt im gewöhnlichen Gasgebläse zunächst schwach, bis es schwarz geworden ist, bindet die Stücke mit feinem Draht fest zusammen und erhitzt nun weiter, bis das Gold schmilzt, ähnlich wie beim Löten mit Zinn. Es muß dafür gesorgt werden, daß die Flamme keinen Überschuß an Wasserstoff enthält, da durch diesen das Platin hart und brüchig wird.

In der Stichflamme des Sauerstoffgebläses kann man Platinstückchen direkt zusammenschmelzen. Sehr feine Platin- und Kupferdrähte können schon in der gewöhnlichen Gebläseflamme zusammengeschmolzen werden.

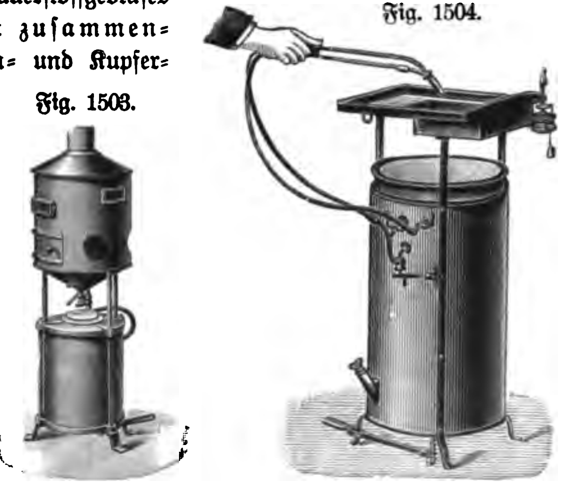


Fig. 1503. Fig. 1504.

Ferner kann die Gebläseflamme dazu dienen, kleine Platinstückchen aneinander zu schweißen. Hierzu stellt man die Gebläseflamme so auf, daß die heißeste Stelle 3 mm über einem kleinen blanken Amboß sich befindet, läßt diesen zunächst so warm werden, daß sich kein Wasser darauf niederschlägt, bringt nun mit einer Pinzette die zu vereinigenden (provisorisch durch Verschlingen u. s. w. gebundenen) Teile in die Flamme und gibt, sobald sie lebhaft weiß glühen, einen kräftigen Schlag mit einem kleinen Hämmerchen.

Sehr feines Goldpulver kann schon durch Drücken mit einem heißen Stahl zu einer zusammenhängenden Masse verdichtet werden.

72. Glasbläserei und Schleifraum. a) Glasschneiden und Sprengen mittels des Diamants [3]) (Fig. 1506) erfordert nur einige Übung in Bezug auf die

[1]) Platindraht und Platinblech ist zu beziehen von Heräus und von G. Siebert (Platinraffinerie und Schmelze) in Hanau a. M.; Gold von der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt, Frankfurt a. M. — [2]) Siehe auch Taschenbuch für Präzisionsmechaniker 2, 349, 1902. — [3]) Es kommt auch ein von Legrady erfundenes Instrument zum Glasschneiden im Handel vor, bestehend aus einer mit hölzernem Hefte versehenen Stahlschiene *B*, Fig. 1505, welche vorn eine Verstärkung trägt, in der ein leicht bewegliches, auf dem Umfange scharfes, etwa millimeterdickes, hartes Stahlrädchen sich befindet. Die Wirkung steht der des Diamanten bedeutend nach. Diamanten können bezogen werden von: Grabowski, Diamantwerkzeugfabrik, Hannover, Misburgerdamm 7;

Beurteilung, in welcher Entfernung vom Lineal der Schnitt entsteht, was natürlich von der Fassung des Diamants abhängt. Die Seite der Fassung, welche dem Lineal zugekehrt werden muß, ist stets auf der Fassung bezeichnet. Die richtige Art, den Diamant zu führen, daß er rein schneidet, muß man sich auf einigen Glasscherben erwerben. Es darf dabei fast kein Druck ausgeübt werden, da hierdurch der Diamant notleidet und auch leicht aus der Fassung bricht. Ein reiner Schnitt geht ziemlich tief in das Glas und zeigt nirgends mehligen Staub[1]).

Ist der Schnitt nicht vollkommen gelungen, so kann man häufig durch Abkröseln mittels der am Griff des Diamanten angebrachten Einschnitte, oder mittels eines Schlüsselbarts, oder einer kleinen Flachzange, ähnlich wie bei Glasröhren zu entfernende Teile nach und nach durch Abnehmen kleiner Splitter beseitigen.

Das Abschneiden enger Glasröhren geschieht in der Art, daß man an der Bruchstelle mittels einer dreikantigen feinen Feile oder eines sogenannten Glasmessers einen Strich macht und dann nur ohne weiteres bricht, indem man beide Daumen mit den Nägeln dem Feilstrich gegenüber ansetzt und nun mit

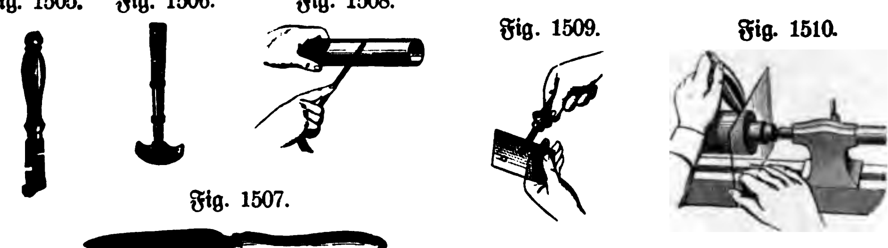


Fig. 1505. Fig. 1506. Fig. 1507. Fig. 1508. Fig. 1509. Fig. 1510.

beiden Händen langsam die Glasröhre so zu biegen sucht, daß der Feilstrich die konvexe Seite einnimmt. Erfolgt der Bruch nicht bei geringer Kraftanstrengung, so war der Feilstrich nicht genügend tief.

Das Glasmesser soll nicht hin und her gezogen, sondern nur unter Aufdrücken auf der Röhre unter ganz geringem Ziehen abgerollt werden, da sonst kein Spalt, sondern ein mehliger Ritz entsteht, welcher unwirksam ist. Am besten benutzt man als Glasmesser eine alte dreikantige oder messerförmige Feile, deren Hieb man an den Kanten vollständig abschleift. Zeitweise muß das Messer auf einem rauhen Stück Sandstein nachgeschliffen werden.

Um ein sehr kurzes Ende, welches sich nicht wohl anfassen läßt, abzutrennen, bringt man an den Feilstrich das glühend gemachte Ende eines dünnen Glasstäbchens[2]), welches man zeitweise immer von neuem erhitzt, sowie es sich soweit abgekühlt hat, daß es den Sprung nicht mehr weiter zu führen im stande ist.

Steht Gas zur Verfügung, so dient noch besser ein äußerst kleines Gasflämmchen, Sprengflämmchen, welches man etwa durch Benutzung einer fein

---

Ernst Winter u. Sohn, Diamanteur, Hamburg-Eimsbüttel, Osterstr. 58, M. Alex Wolff, Amsterdamer Diamantenschleiferei, Berlin, Friedrichsstr. 60, Th. Riebenthal, Diamanteur, Berlin NO., Hamburgerstr. 16, S. Konski, Berlin C., Rosenthalerstr. 38, R. Müller, Diamanteur, Berlin, Kurstr. 23.

[1]) Siehe auch H. Schröder, Zeitschr. f. Instrum. 7, 341, 1887. — [2]) Man hält sich zweckmäßig eine Menge ausgezogener Glasstäbchen vorrätig. Sie werden auch zum Zuflicken von Löchern beim Zusammenlöten zweier Röhren gebraucht.

ausgezogenen Glasröhre (besser einer Messingröhre mit feiner Spitze) als Brenner erzeugt. Auch der sogenannten Sprengkohle kann man sich bedienen.

Man erhält solche auf folgende Weise: 4 g Tragantpulver werden in so viel kochendem Wasser gelöst, daß der entstandene Schleim den Raum von 128 g Wasser einnimmt; sodann löst man 2 g Benzoepulver in nur so viel starkem Weingeist auf, als zur Lösung erforderlich. Beide Lösungen werden zusammen gemischt und nun in einer Reibschale so viel fein gepulverte und durchgesiebte buchene Holzkohle darunter geknetet, daß man daraus einen plastischen Teig erhält; die Masse muß vor dem Ausrollen noch etwas feuchter sein, als Pillenmasse zu sein pflegt. Aus diesem Teige rollt man nun fast ohne allen Druck mit einem Brettchen 4 bis 6 mm dicke und 10 bis 12 cm lange Stängelchen aus, welche langsam getrocknet werden. Zündet man ein Stängelchen an, so brennt es spitzig und glimmt wie die Rauchkerzen fort.

Beim Gebrauche hält man die glühende Spitze ohne Druck an das Ende des Spaltes, indem man das Stängelchen in der Richtung gegen das Glas neigt, in welcher der Sprung fortgeführt werden soll; man rückt nun mit der Sprengkohle, so wie der Spalt dieser folgt, in einer schwach gebogenen Linie allmählich in der Richtung vor, in welcher man das Glas absprengen will. Diese Richtung zeichnet man etwa mit Anilintinte vorher auf das Glas. Man muß das Kohlenstängelchen öfters abheben und anblasen, weil es auf der Stelle, wo es das Glas berührt, durch Abkühlung erlischt. Gewöhnlich kann man den Spalt nicht ringsum führen; er folgt der Kohle nicht mehr, wenn man bis auf etwa 2 bis 4 mm sich dem Anfange genähert hat und man muß den Rest abbrechen.

Auf diese Weise kann man z. B. in dem Rande eines dünnen Wasserglases einen Spalt machen und diesen dann spiralförmig um das Glas herumführen. Das Glas läßt sich dadurch in einen 6 bis 10 mm breiten, spiralförmigen Streifen zerschneiden, der sich ziemlich strecken läßt, wenn man das Glas am oberen Rande und am Boden faßt. Ebenso kann man den Rand zerbrochener Cylinder wieder ebnen und aus Glastafeln beliebig geformte Stücke herausschneiden. Namentlich kann man sich so aus Scherben von Uhrgläsern oder Glaskugeln die runden flachen Schälchen verschaffen, von denen später beim Ampèreschen Gestell und ähnlichen Apparaten die Rede sein wird.

Sehr oft kommt beim Experimentieren vor, daß man Glasröhren, Glasstangen, Vorlagen, Zuckergläser und Flaschen von 6 bis 12 cm Durchmesser abnehmen soll. Bei dickeren Glasröhren feilt man unter Befeuchtung mit Terpentinöl ringsum und sucht nun zu brechen, oder man erhitzt die Bruchstelle ringsum dadurch, daß man dieselbe auf einem glühenden Eisen schnell herumdreht und bringt dann einen Tropfen Wasser auf die erhitzte Stelle. Am besten eignet sich hierzu ein eiserner Ring[1]), der von einer zweiten Person gehalten wird, welche auch parat ist, mit einer Glasröhre schnell den Tropfen Wasser aufzubringen. Erhält das Glas hierbei nur einen Sprung, so kann man ein glühendes Eisen an dem Ende des Sprunges ansetzen und vor demselben herfahrend ihn in beinahe beliebiger Richtung weiterführen.

Man hat zu diesem Sprengen einen gebogenen Draht, wie Fig. 1511, von etwa 2 bis 3 mm Durchmesser, der in der Schmelzflamme erhitzt wird.

---

[1]) Ringe wie Fig. 1512 liefern Max Kaehler und Martini, Berlin W.

Eine andere Methode ist folgende: Man bindet auf jede Seite der Stelle, an welcher das Glas abgesprengt werden soll, einen etwa 2 bis 3 cm breiten und auf die Dicke von 3 bis 4 mm zusammengelegten Streifen von Papier mittels Bindfaden fest, so daß zwischen diesen beiden Papierwülsten das Glas je nach seiner Dicke und Größe nur 2 bis höchstens 3 mm frei bleibt, und also eine Rinne zwischen den beiden Papierwülsten gebildet wird, Fig. 1513.

Man nimmt nun einen guten Bindfaden, bei stärkeren und größeren Gläsern eine höchstens 3 mm dicke, aber festgedrehte gute Schnur, die so lang ist, daß, wenn dieselbe in der Rinne um das Glas und an jedem Ende um die Hand geschlungen ist, doch noch etwa 3 bis 5 dcm übrig bleiben. Halten nun ihrer Zwei, jeder



Fig. 1511. Fig. 1512. Fig. 1513. Fig. 1515. Fig. 1514. Fig. 1516.

mit einer Hand, das Glas auf den Rand eines Tisches und fassen mit der anderen die einmal um das Glas geschlungene Schnur und ziehen diese straff angespannt abwechselnd um das Glas hin und her, so erhitzt sich die geriebene Stelle bald so stark, daß die Schnur abbrennt. Nun gießt man sofort bereit gehaltenes Wasser darüber. Das Glas springt in der Regel sehr eben ab, und desto ebener, je knapper die Rinne zwischen dem Papier zur Schnur paßte.

Man kann auch das Erhitzen unter raschem Drehen des Glases vor einer Gebläseflamme (Stichflamme) bewirken, muß aber die Papierwülste zuvor befeuchten. Zur Einleitung des Sprunges wird zuvor an einer Stelle ein Feilstrich gemacht.

Sicherer ist die Benutzung eines Eisendrahtes, den man um den Cylinder (selbst von 10 cm und mehr Durchmesser) einmal herumschlingt und durch ein Gewicht spannt, so daß er sich glatt an das Glas anlegt. Erhitzt man ihn dann durch einen galvanischen Strom zum Glühen und tropft sofort Wasser in der Nähe des Drahtes auf, so erfolgt ein glatter Sprung von großer Sauberkeit. Der Versuch gelingt um so besser, je dicker der Draht.

Am besten schneidet man weite Glasröhren mit dem **Röhrendiamant**[1]) von innen.

[1]) Solche Diamanten mit verstellbarem Anschlag am Stiel (Fig. 1514 und 1515) sind zu beziehen von **Muencke**, Berlin NW., Luisenstr. 58. Fig. 1515 ist ebensowohl als

Unebenheiten, die beim Absprengen der Gläser zurückbleiben, entfernt man, wenn nötig, durch Schleifen auf Sandstein oder an der Schmirgelscheibe, kleinere durch die Schlichtfeile unter Benetzung mit harzigem Terpentinöl oder einer Lösung von etwas Kampher in Terpentinöl. Kleine Stückchen kann man auch sehr leicht mittels einer Flachzange abbröckeln, abkröseln. Will man den Rand einer Glasröhre eben kröseln, so muß man die Stückchen nach innen brechen.

b) Glasblasen. Kaum irgend eine Arbeit kommt häufiger vor als die Behandlung des Glases an der Lampe, und gerade hierfür findet man gewöhnlich nur in größeren Städten geübte Arbeiter. Allein selbst wenn man einen solchen in seinem Wohnorte hat, ist es doch zu umständlich, jedesmal fremde Hilfe in Anspruch zu nehmen, und man muß sich daher durchaus einige Übung in dieser Art, das Glas zu bearbeiten, erwerben, wenn man auch die schwierigen Arbeiten durch fremde Hand anfertigen läßt [1]).

Was die Wahl des Glases betrifft, so erhält man aus Thüringen, wo die Glasbläserei recht eigentlich zu Hause ist, ganz ausgezeichnete leicht schmelzbare Röhren [2]).

Andere Glassorten sind teils schwerer, teils, wie z. B. das böhmische, vor der Lampe beinahe gar nicht zu verarbeiten. Ist das Glas zu stark bleihaltig, so wird es vor der Lampe durch Reduktion leicht gelb oder schwarz. Glasbläser von Profession nehmen daher solche Gläser nicht gern. Im allgemeinen ist noch zu bemerken, daß alle Glassorten durch langes und öfteres Glühen strengflüssiger und durch Entglasung trübe werden.

Feucht darf das Glas nicht sein, und man muß sich daher durchaus davor hüten, in eine auf beiden Seiten offene Glasröhre hineinzublasen; aus engen Röhren kann man die Feuchtigkeit gar nicht mehr herausbringen.

Wenn die Röhren weit genug sind, reinigt man sie vor der Bearbeitung mittels eines Holz- oder Ebonitstabes, an dessen Ende ein Bausch aus Baumwolle angebunden ist, oder man bindet einen Wattebausch an einem langen Bindfaden fest, welchen man durch die Röhre durchzieht, sodann durch Darauftreten mit dem Fuße festhält, so daß, wenn nun die Röhre in die Höhe gezogen wird, der Bausch durch dieselbe hindurchgleitet. Man vermeide, behufs Reinigung von Glasröhren Eisendrähte einzuführen, da sie sonst leicht zerspringen, und benutze nur Kupferdrähte oder Holz- (Horn-) stäbe. Auch auf der äußeren Seite werden die Röhren durch Abreiben mit einem feuchten und dann mit einem trockenen Lappen gut gereinigt.

Zum Erhitzen des Glases dient das Gasgebläse, eventuell bei sehr kleinen

---

Röhrenschneider, wie auch zum Schneiden von Tafelglas verwendbar. Glasrohrschneidezangen (Fig. 1516) liefert E. Sonnenthal, Berlin, zu 4 Mk.

[1]) Anleitung geben: Djakonow und Lermantoff, Die Bearbeitung des Glases auf dem Blasetisch, 154 S. (R. Friedländer u. Sohn, Berlin 1895); Ebert, Anleitung zum Glasblasen, Leipzig 1895; ferner Zehnder, Annalen der Physik 10, 630, 1903. — [2]) Glasröhren sind zu beziehen von Franz Schilling, sowie Emil Gundelach in Gehlberg in Thüringen; Christ. Kob u. Co., Stützerbach in Thüringen (Jenaer Geräte- und Röhrengläser); Glasfabrik Sophienhütte, Ilmenau in Thüringen; Greiner und Friedrichs, Glasinstrumentenfabrik, Stützerbach in Thüringen; Schott u. Gen., Glastechnisches Laboratorium, Jena, Lichtenhainerstr. 9; Warmbrunn, Quilitz u. Co., Glasbläserei und mechanische Werkstätte, Berlin C., Rosenthalerstr. 40, u. a. Röhren aus geschmolzenem Quarz liefert Heräus in Hanau. Über das Schmelzen von Quarz im elektrischen Ofen s. Hutton, Beibl. 26, 826, 1902.

Gegenständen das Gaslötrohr oder das gewöhnliche Lötrohr mit Weingeistlampe, welche bereits oben beschrieben wurden.

Um kleinere oder größere Flammen zu erzeugen, werden verschieden große Spitzen auf das Blasrohr gesetzt. Für sehr weite Glasröhren verwendet man zwei gegeneinander gerichtete Gebläsebrenner.

Da man solche Arbeiten öfters an Orten vorzunehmen hat, wo sich keine Luftleitung befindet, ist es zweckmäßig, einen transportablen Blasebalg zu haben, welcher zum Treten mit dem Fuße eingerichtet ist. Fig. 1517 zeigt einen transportablen Blasetisch von größeren Dimensionen, wie er häufig gebraucht wird.

Sehr verbreitet sind auch die cylindrischen Gebläse (Fig. 1518, K, 75), besonders die, welche zugleich einen Tisch zum Arbeiten bilden. Ein solches ist im Durchschnitt in Fig. 1519 in etwa $^1/_{10}$ der natürlichen Größe abgebildet. Die Bälge bestehen hier aus Lederstulpen, in welche von Stelle zu Stelle Ringe eingelegt sind[1]).

Fueß in Steglitz bei Berlin liefert zum Preise von 20 Mk. ein Gebläse, welches nur aus Metall besteht, von der in Fig. 1522 dargestellten Form, welches nötigenfalls einen Druck bis drei Atmosphären zu erzeugen gestattet und die Füllung eines Luftbehälters von 25 Liter Inhalt auf eine Atmosphäre Druck in zwei Minuten ermöglicht. Bente (1877) empfiehlt als besonders billig ein einfaches Handkautschukgebläse (Fig. 1523), welches die Luft zunächst in eine 5 Liter haltende Glasflasche mit doppelt durchbohrtem Stopfen fördert. Das Rohr, durch welches der Luftstrom in die Flasche eintritt, wird mit Bunsenschem Ventil versehen (siehe Wasserluftpumpe).

Während der Erhitzung wird das Glas fleißig gedreht, um ein allseitig gleiches Glühen hervorzubringen; hierbei hat man besondere Vorsicht nötig, wenn das Glas mit beiden Händen gehalten wird, da man es in diesem Falle leicht verdreht, sobald es anfängt weich zu werden und beide Hände ungleich arbeiten. Das Aufstützen beider Ellbogen auf den Blastisch erleichtert die Arbeit sehr.

Bei Erhitzung langer Röhren läßt man das eine Ende zweckmäßig auf einer besonderen Auflage ruhen, d. h. in einer Gabel, welche aus Holz oder Draht hergestellt sein kann und mit einem Fuß wie ein Stativ versehen ist.

Man muß eine erheblich größere Strecke anwärmen als diejenige, welche bearbeitet werden soll. Beginnt das Glas die Flamme gelb zu färben, so ist die Gefahr des Zerspringens in der Regel beseitigt.

Nach vollendeter Arbeit hält man das Glas noch einige Zeit unter fortwährendem Blasen über die Flamme und entfernt es langsam der Verkühlung wegen oder läßt es anrußen; ohne diese Vorsicht springt das Glas leicht, besonders wenn etwa verdickte Stellen entstanden sind oder absichtlich gemacht wurden[2]). Hat man aber etwa ungleiche Glassorten aneinander geschmolzen, so nützt in der Regel alles Verkühlen nichts, die Arbeit springt, wenn auch manchmal erst später. Es ist darum ratsam, die Glasröhren von derselben Glassorte und Farbe stets gesondert aufzubewahren, tunlichst aber überhaupt nur mit einer Glassorte zu arbeiten.

---

[1]) Recht bequeme kleine Blasebälge in einer Kiste mit Handgriff sind zu beziehen von Desaga in Heidelberg. Gebläse, bestehend aus Wippen mit Gummibeuteln (Fig. 1520), liefern Max Kaehler und Martini, Berlin W., Wilhelmstr. 50, zu 20 Mk. Eine andere Form von Kautschukgebläse zeigt Fig. 1521. Dieselben sind natürlich nur wenig haltbar. — [2]) Der Rand der Glasblastische ist zum Auflegen heißer Röhren gewöhnlich mit Zacken aus Blech versehen, auch wohl mit Löchern oder Vertiefungen zum Einstecken.

Fig. 1517. Fig. 1518.

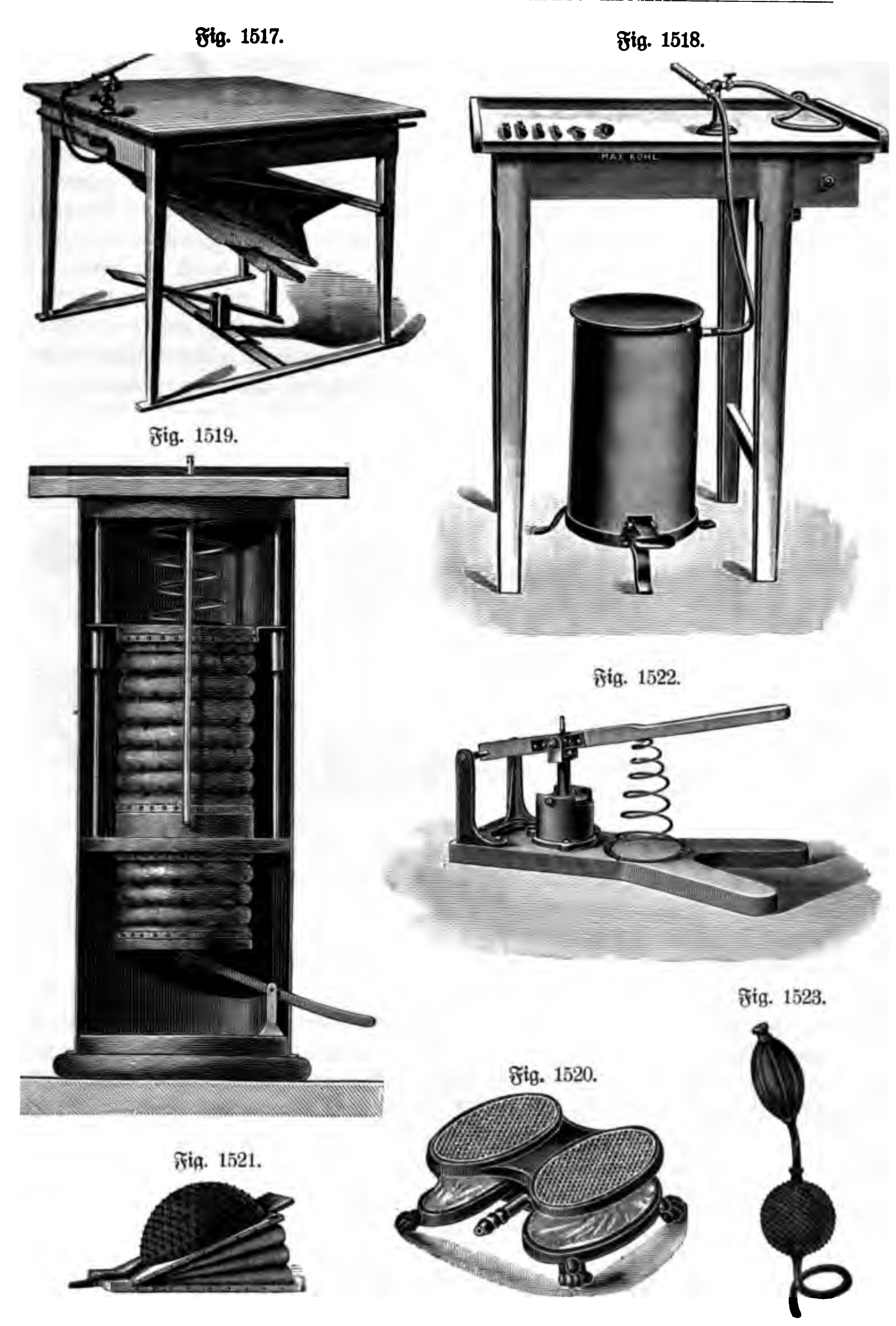


Fig. 1519. Fig. 1522. Fig. 1523. Fig. 1520. Fig. 1521.

Ist nur eine kleine Stelle stark zu erwärmen, so benutzt man (nach vorherigem Anwärmen) die **blaue Stichflamme**, welche bei vorherrschendem Luftzufluß

entsteht. Ist dagegen eine größere Masse minder stark zu erhitzen, so wählt man die rauschende gelbe Flamme mit geringem Luftzufluß.

Abgeschnittene Glasröhren haben einen scharfen Rand, was leicht Beschädigung der Finger nach sich zieht und auch das Ausspringen des Randes beim Anstoßen veranlaßt, das Aufstreifen der Kautschukschläuche erschwert oder die Schläuche zerschneidet. Erwärmt man den Rand nach und nach ringsum bis zum Schmelzen, so runden sich die Ecken von selbst ab. Zugleich verengert sich die Öffnung ein wenig, was für solche Röhren, welche fest durch Kork gehen sollen, vorteilhaft ist.

Soll die Öffnung der Röhre gleich bleiben oder gar erweitert werden, so muß man sie unter rascherem Drehen einem stärkeren Feuer aussetzen und dann außer dem Feuer einen wie Fig. 1524 geformten Eisendraht oder einen Aufreiber wie Fig. 1525, 1526 und 1527 konzentrisch rasch in der Öffnung drehen und so konisch erweitern; man kann die Röhre auch auf einer pyramidal zugespitzten Kohle drehen (Fig. 1528); nachher läßt man dieselbe unter erneutem Erhitzen bei rascher Drehung wieder auf das gewünschte Maß einsinken.

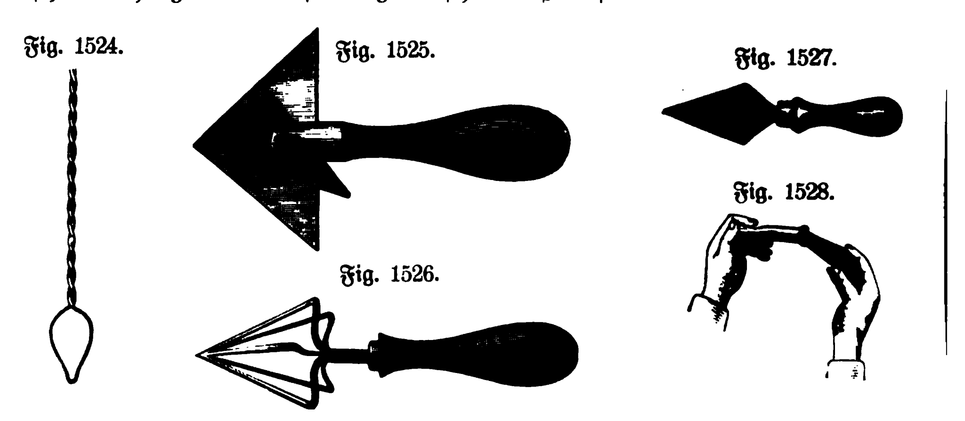


Fig. 1524. Fig. 1525. Fig. 1526. Fig. 1527. Fig. 1528.

Gaskohle hat vor Holzkohle den Vorzug, daß sie weniger leicht am Glase anhaftet und, in die Flamme gebracht, sich nicht entzündet. Aufreiber aus Messingblech bestreicht man zweckmäßig, um das Anhaften des Glases zu verhindern, mit Wachs. Soll der Rand ganz eben umgelegt werden, so drückt man ihn im weichen Zustande gegen eine eben geschliffene Kohlenplatte.

Soll eine Röhre an einer Stelle dünn ausgezogen werden, so hält man sie mit beiden Händen horizontal und erhitzt sie unter fleißigem Drehen auf eine breite Strecke; ist sie ringsum gleichförmig erhitzt, so zieht man sie außer dem Feuer beliebig weit auseinander, und zwar ziemlich rasch, wenn sie zu einem dünnen Faden ausgezogen werden soll. Je schmäler die erhitzte Stelle war, desto kürzer werden die kegelförmigen Verjüngungen beider Enden. War die Glasröhre dünnwandig, so ist es zweckmäßig, sie unter recht gleichförmiger Erhitzung zuerst etwas zusammensinken zu lassen, wodurch die Öffnung enger und die Wand stärker wird, wo dann auch die ausgezogene Spitze trotz sehr enger Öffnung noch eine gewisse Stärke behält.

Will man nicht kurze enge Spitzen, sondern einen längeren Ansatz von mehr oder minder verengtem Querschnitt haben, so erhitzt man die Röhre in größerer Ausdehnung und zieht sie ganz langsam aus, bis die gewünschte Dicke erreicht ist. Würde man die Röhre in der Flamme ausziehen, anstatt außerhalb derselben, so

würden keine brauchbaren Spitzen entstehen, sondern nur ganz kurze, am Ende verschlossene Kegel, die zudem nicht gleichmäßig sind, da während des Ausziehens die Röhre einseitig erhitzt wird.

Um sehr enge Kapillaren von weniger als $^1/_{1000}$ mm Durchmesser zu erhalten, erhitze ich die Röhre in einer engen Spirale von dickem Platindraht, welche auf elektrischem Wege glühend gemacht und während des Ausziehens glühend gehalten wird. Mittels eines eingeschalteten Rheostaten kann man die Temperatur leicht auf solcher Höhe halten, daß das Glas gerade die richtige Zähigkeit erhält.

Um eine Röhre mit Wülsten zu bekommen (Fig. 1529), wie sie zum Verbinden von Kautschukschläuchen verschiedener Weite gebraucht wird, erhitzt man zuerst die Stelle der ersten Verengung beim weiteren Ende, welches zunächst, um es fassen zu können, länger gelassen wird, zieht bis zur passenden Verengung aus, erhitzt sodann die Stelle der nächsten Einsenkung, zieht wieder aus und so weiter, schneidet schließlich die Röhre auf richtige Länge ab und rundet die Ränder.

Soll an einer Stelle die Glasmasse gestaucht (mehr angehäuft) werden, ohne daß eine Verengerung eintritt, so schiebt man die sehr erhitzte Röhre von beiden Seiten zusammen; da aber hier gewöhnlich auch eine Verengerung eintritt, so muß man das eine Ende verschließen und die gehörige Weite der Röhre durch Aufblasen wiederherstellen.

Fig. 1529.

Um eine Röhre an ihrem Ende zu verschließen, wird sie erhitzt, und man schiebt die weichen Wände durch ein Eisenstäbchen oder ein Stück einer Thermometerröhre zusammen. Dabei häuft sich am Ende die Glasmasse an, was beim Erkalten gern Sprünge veranlaßt. Man erhitzt deswegen das Ende, setzt eine ebenfalls erhitzte Thermometerröhre daran und zieht mit dieser die überflüssige Glasmasse in einem Faden ab, was man vielleicht noch ein- oder zweimal wiederholen muß. Zuletzt erhitzt man das Ende der Röhre selbst etwas stärker und bläst die zugeschmolzene Stelle halbkugelförmig auf.

Bei dem Verschließen am Ende darf man die Röhre nie so halten, daß die Flamme in die Öffnung spielt, weil sich sonst Wasserdampf darin ansetzt, den man nicht so leicht wieder los wird; ist dieses nachher nicht schädlich, so braucht man die Vorsicht nicht.

Bei weiten und dickwandigen Röhren ist es gleich von vornherein besser, das Glasstäbchen zu nehmen und die Wände damit gegen die Mitte zu ziehen, damit sich nicht zuviel Glasmasse anhäuft.

Soll eine Röhre an einer erst abzuschneidenden Stelle zugeschmolzen werden, so zieht man sie hier in einen Faden aus, bricht diesen kurz ab und hält das Ende ins Feuer, wo es rasch zuschmilzt; das dadurch sich bildende Glasknöpfchen wird, wie schon erwähnt, mittels einer daran gesetzten spitzigen Thermometerröhre abgezogen. Da dieses Verfahren beim Schließen das zweckmäßigere ist, so schmelzt man auch oft ein Stückchen Röhrenabfall an das Ende einer zu verschließenden Röhre, um mit möglichst wenig Verlust die Röhre durch Abziehen zu verschließen. Röhren mit feiner Öffnung — wie Thermometerröhren — braucht man überhaupt nur am Ende zu erhitzen, um sie zu verschließen; sie werden nicht aufgeblasen.

Soll die Röhre eben endigen, so drückt man sie im glühenden Zustande auf eine ebene Platte. Ein vertiefter Boden wird durch Einsaugen erhalten. In beiden Fällen muß gut verkühlt werden.

Solche flache Böden springen beim Erwärmen, falls sie nicht gut gekühlt sind, leicht aus und werden daher nur da angebracht, wo dies unbedingt nötig ist.

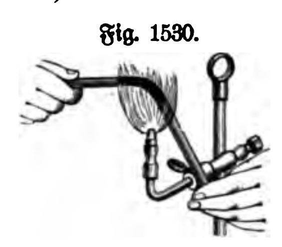
Soll eine Röhre im evakuierten Zustande abgeschmolzen werden, so läßt man sie vor dem Evakuieren an der betreffenden Stelle auf 2 bis 3 mm lichte Weite einsinken.

Soll eine Röhre unter Gasüberdruck abgeschmolzen werden, so bringt man daran eine Verengung mit einem Ventil an, welches einfach aus einem spitz ausgezogenen Stückchen Glasrohr besteht.

Man bringt dieses vor dem Zuschmelzen durch Schütteln an die verengte Stelle. Ist Schütteln ausgeschlossen, so kann man in das vertikal gestellte Rohr über der kapillaren Verengung ein Schellackstückchen anschmelzen, dieses sodann durch Erwärmen in die Verengung herunterfließen und dort erstarren lassen. Nun kann der Apparat abgeschnitten und zugeschmolzen werden.

Das Biegen der Glasröhren ist eine sehr häufig vorkommende Arbeit. Röhren mit dünnen Wänden werden hierfür unter fortwährendem Drehen um ihre Achse am besten in einer gewöhnlichen Gasflamme (Schnittbrenner, Fig. 1530) oder in der Weingeistlampe oder dem Bunsenschen Brenner ohne Gebläse erhitzt, bis die Biegung ohne fühlbaren Widerstand, z. B. schon durch das eigene Gewicht der Röhre, erfolgt. Eine gut gebogene Glasröhre muß ihre Schenkel in derselben Ebene haben und im Buge weder an der konvexen Seite eingesunkene Stellen, noch an der konkaven Aufstauchungen zeigen. Man vermeidet dieses am besten, wenn man die Röhren nicht in einem scharfen Winkel, sondern in einem Bogen biegt, wobei dieselben an jeder Stelle nur wenig gebogen werden. Die konkave Seite wird stets etwas stärker erhitzt. Haben sich dennoch eingesunkene Stellen gebildet, so kann man dieselben etwas aufblasen. Röhren von 1 cm innerer Weite und darüber werden über Kohlenfeuer gebogen, wobei man dieselben mit Sand füllt. Zu bemerken ist hierbei, daß man die Röhren nicht stärker erhitzt, als daß sie sich eben biegen lassen.

Fig. 1530.



Das Aufblasen von Kugeln. Soll am Ende einer Röhre eine Kugel aufgeblasen werden, so muß die Röhre zuerst gestaucht werden, um an der aufzublasenden Stelle mehr Glasmasse anzuhäufen. Am leichtesten geht dieses vor dem Abschneiden der Röhre und wird bei weiteren Röhren immer vorher vorgenommen, worauf man die Röhre erst abzieht, verschließt und das Ende abrundet. Das Aufstauchen geschieht immer außerhalb der Flamme, weil es während des Drehens der Röhre nicht geschehen kann und die Röhre beim Ruhighalten ungleich heiß würde. Die Röhre darf beim Stauchen nicht zu heiß sein, weil sie sonst gern etwas einsinkt, man wiederholt daher besser das Stauchen mehrere Male. Hat man nämlich eine Röhre eine Strecke weit allmählich etwas aufgestaucht, so kehrt man wieder um und fährt so fort, bis man eine etwa birnförmige Anhäufung von Glas zustande gebracht hat; sind die Röhren enge, so muß man während des Stauchens dieselben immer auch aufblasen. Wenn sich beim Stauchen Wülste, wie Fig. 1531, bilden, so bringt man nie mehr eine schöne Kugel zustande. Ebensowenig wenn die Kugel schon ganz aufgeblasen ist und fehlerhaft wurde. Wird eine Kugel in der Mitte einer Röhre aufgeblasen, so muß man am unteren Ende der Röhre während des Aufblasens ein wenig ziehen. Bei engen Röhren —

Thermometerröhren — kann man das verschlossene Ende durch eine daran gesetzte andere Röhre oder durch ein Eisenstäbchen zusammenschieben; es wird aber hierbei notwendig, von Zeit zu Zeit in die Röhre zu blasen, weil sich sonst die Röhre vom Ende her zu weit verschließt und man genötigt wird, wieder einen Teil des Glases in Fäden abzuziehen, wie es oben angegeben wurde. Sehr enge Thermometerröhren verschließt man manchmal auch am anderen Ende und erwärmt sie etwas in ihrer ganzen Länge, um durch die Ausdehnung der Luft die Öffnung beim Stauchen zu erhalten und sogar ein wenig aufzutreiben.

Ist die Glasmasse gehörig vorbereitet, so erhitzt man unter fleißigem, stetem Drehen nach derselben Richtung das zur Kugel bestimmte Ende bis zur hellen Rotglühhitze oder bis zum Weißglühen, faßt Atem, nimmt die Röhre in den Mund, hält sie senkrecht abwärts und bläst die Kugel etwas auf, wodurch sich die Glasmasse schon gleichmäßiger verteilt; sie wird nun ein zweites Mal erhitzt und dann erst bis zur erforderlichen Größe aufgeblasen, wobei man anfänglich schwach, später

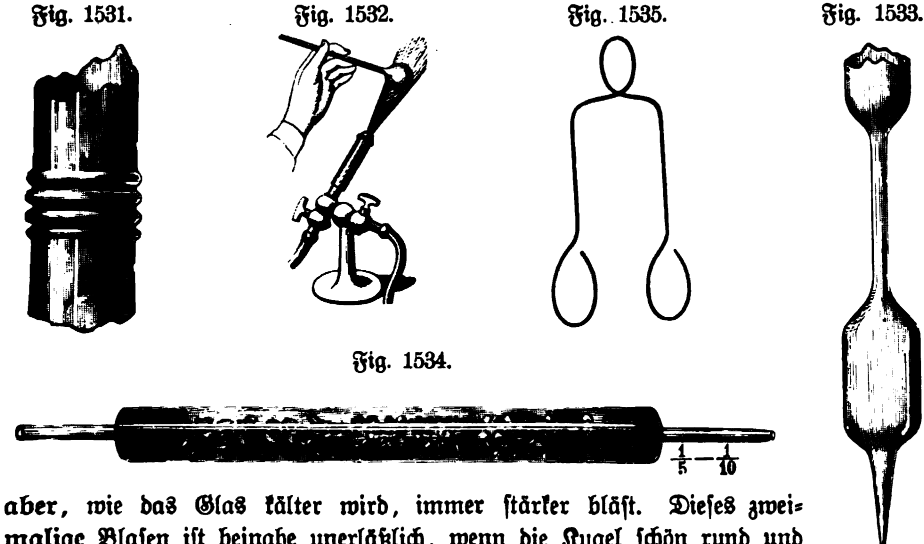


Fig. 1531. Fig. 1532. Fig. 1535. Fig. 1533.

Fig. 1534.

aber, wie das Glas kälter wird, immer stärker bläst. Dieses zweimalige Blasen ist beinahe unerläßlich, wenn die Kugel schön rund und gleichförmig dick im Glase werden soll. Bläst man beim zweiten Male anfänglich zu stark, so wird die Kugel gern zu groß oder flaschenförmig[1]) und platzt wohl auch, wobei die davon fliegenden Glashäutchen so dünn sind, daß sie die schönsten Newtonschen Farben zeigen. Man wird bei den ersten Versuchen diese Vorsicht sehr überflüssig finden, da man anfänglich meist nicht Hitze genug aufbringt, um nur die Kugel gehörig aufblasen zu können; allein später wird sich dieses schon anders gestalten.

Will man größere Kugeln blasen, so nimmt man Glasröhren, die etwa 5 bis 50 mm im Lichten haben, zieht sie zuerst nach dem Stauchen beiderseits wie Fig. 1533 aus, verschließt sie an der Spitze und bläst sie nun auf.

Zum Aufblasen sehr großer Kugeln reichen manchmal auch zwei gegeneinander gerichtete Flammen nicht aus. Man verstärkt dann die Hitze, indem man das Feuer mit Backsteinen oder großen Holzkohlenstücken umstellt.

Darf in das Innere einer Röhre keine Feuchtigkeit gelangen, so bläst man

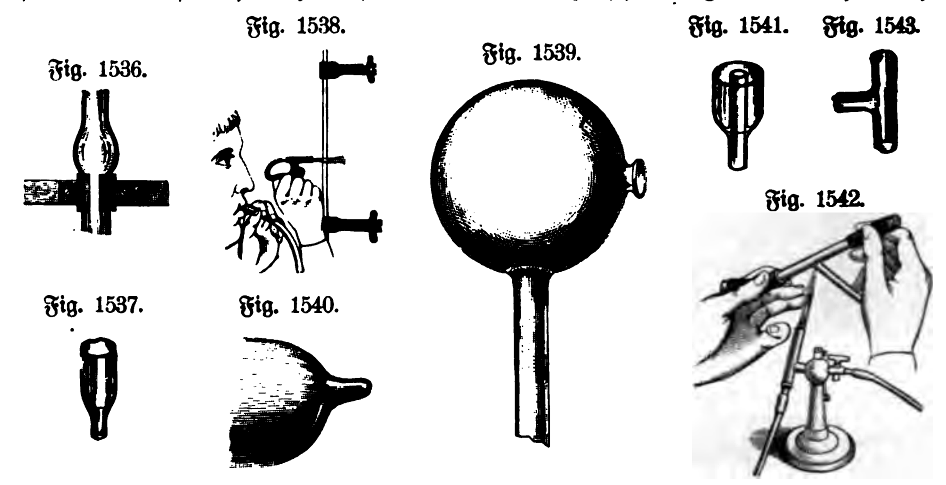
[1]) Daher der Ausdruck fiasco machen.

nicht direkt mit dem Munde auf, sondern unter Zwischenschaltung einer Chlorcalciumröhre (Fig. 1534).

Eine Glasröhre wird mit Chlorcalciumstücken oder mit Stücken von Ätzkalk gefüllt und sodann mittels Kork geschlossen. Den Kork durchlöchert man entweder mit einem glühenden Drahte oder mit dem Korkbohrer, so daß eine 4 bis 6 mm weite Glasröhre auf jeder Seite durchgestochen werden kann.

Sogenannte Glasbomben werden behandelt wie bei Fig. 1533, nur faßt man die Kugeln nach dem Abbrechen mit einer aus dünnem Drahte gemachten Zange, wie Fig. 1535, erhitzt sie über der Flamme von allen Seiten ziemlich stark, doch nicht so weit, daß das Glas weich wird, und schmelzt dann die sehr fein ausgezogene Spitze rasch zu. Sie geben einen Knall, wenn man sie auf den Boden wirft.

Für Kugeln mit einem Henkel, wie sie z. B. bei den Versuchen über das spezifische Gewicht gebraucht werden, muß man mehr Glas aufstauchen, da sie stark werden sollen; auch darf man den Hals zwischen Kugel und Röhre nicht


Fig. 1536. Fig. 1537. Fig. 1538. Fig. 1539. Fig. 1540. Fig. 1541. Fig. 1542. Fig. 1543.

geradezu ausziehen, sondern muß hier die Röhre erst stark einsinken lassen, damit dieser Teil stärker wird, weil er später den Henkel bilden muß. Die Umbiegung zum Henkel macht man nach dem Abschneiden durch ein Eisenstäbchen.

Ebenso wie Kugeln werden bauchige Erweiterungen hergestellt, die man z. B., wie die Fig. 1536 andeutet, dazu benutzen kann, eine Glasröhre in vertikaler Stellung zu befestigen.

Sollen zwei Röhren aneinander gesetzt werden, so müssen deren Öffnungen gleich sein oder durch Erweiterung der engeren gleich gemacht werden, die Ränder aber müssen eben sein und gut zusammen passen; eine der Röhren wird am unteren Ende verschlossen. Beide Röhren werden dann gleichzeitig erhitzt und außerhalb des Feuers aneinander gedrückt, wobei kein zu starker Wulst entstehen darf. Man erhitzt sodann die Fuge in einer spitzigen Flamme und bläst die Verbindungsstelle ein wenig auf; hierauf erhitzt man wieder, wobei der Wulst etwas einsinkt, und bläst ihn dann wieder schwach auf, was man so lange wiederholt, bis die Schweißstelle glatt ist und sich die beiden Gläser gut ineinander verzogen haben, worauf man sie zuletzt auf die gewünschte Dicke einsinken läßt und allenfalls, wenn nötig, auf diese staucht oder streckt. Ohne dieses wiederholte Aufblasen springen die Röhren nach dem Erkalten leicht an der Vereinigungsstelle.

Sind die Röhren sehr lang oder mit Apparaten verbunden, die sich nicht mitdrehen lassen, so verwendet man ein Lötrohr, welches keinen Fuß besitzt, sondern in der Hand gehalten und um die zu verlötende Fuge herumgeführt wird. Um die gelötete Stelle aufblasen zu können, wird an das offene Ende der Rohrleitung oder an irgend einen offenen seitlichen Zweig ein Kautschukschlauch mit Mundstück angesetzt[1]) (Fig. 1538).

Sollte die Fuge nicht geraten sein und an einer Stelle noch eine Öffnung haben, so verstopft man sie rasch, ohne abkühlen zu lassen, durch Aufbringen eines Glastropfens, indem man einen Glasfaden anhält, bis dessen Ende zu einem Tropfen geschmolzen ist, und ihn nun an die Öffnung, welche immerfort im Glühen erhalten wird, andrückt. Sollte das eine Rohr überhaupt zu kurz sein, die Lücke aber doch nicht erheblich, so kann man das eine Rohr in ähnlicher Weise durch fortgesetztes Auftropfen von Glas verlängern, indem man den Glasfaden wie eine Siegellackstange handhabt. Der gleiche Zweck ist zuweilen einfacher dadurch zu erreichen, daß man die eine Rohrhälfte durch Ausziehen etwas verlängert. Auch zufällig entstandene Sprünge lassen sich bei vorsichtigem Erwärmen wieder zuschmelzen.

Schon gelötete Glasteile, welche nur ein kurzes Ansatzstück haben (z. B. kurz abgeschnittene Glashähne), müssen durch Umgeben mit Glaserkitt gegen allzu starke Erhitzung geschützt werden.

Sollte es unbedingt nötig sein, zwei Röhren aus verschiedenen Glassorten zusammenzuschmelzen, so kann man ein Stück Uranglasrohr dazwischen setzen, oder sogenanntes Zusammenschmelzglas[2]), welches die Eigenschaft hat, sich mit allen bei uns gangbaren Glassorten zu verbinden.

Zum Eröffnen von Kugeln und Röhren, wie in Fig. 1539, setzt man eine etwas dünne, stark erhitzte Thermometerröhre an die betreffende Stelle, die man schwach erhitzt, und zieht dann mittels der Röhre die Kugel, nachdem man sie auf dieser Stelle etwas stärker erhitzt hat, in eine Spitze aus, welche sodann abgebrochen und an der Spitzflamme mit abgerundeten Rändern versehen wird. Dabei reguliert man die Öffnung mittels eines Eisenstäbchens und legt wohl auch um dieselbe einen Glasfaden zur Verstärkung des Randes. Letzteres geschieht so, daß man ein dünnes, spitziges Glasstäbchen glühend macht, mit seiner Spitze am Rande der Öffnung anschmelzt und nun die Spitzflamme auf den der Spitze zunächst gelegenen Teil richtet, den man allmählich zum Faden auszieht, und den Faden, wie er sich bildet, an den Rand der Röhre anlegt; eine vollkommenere Verschmelzung des Randes mit dem Faden wird nachher noch vorgenommen. Anstatt eine Glasröhre aufzuschmelzen, kann man auch die zu öffnende Stelle an der Stichflamme erwärmen und warzenförmig aufblasen; man wiederholt dieses und bläst zuletzt stark, um die Stelle zum Platzen zu bringen.

Das Öffnen geschieht auch zweckmäßig so, daß man warzenförmig aufbläst, was durch öfteres Erwärmen vorn an der Warze geschieht, Fig. 1540, dann vorn, wo die Halbkugel aufhört, einen Feilstrich macht und ein glühendes Glasstäbchen oder einen gebogenen glühenden Draht daran legt; man kann den Sprung ge-

---

[1]) Über ein besonders geeignetes kleines Lötrohr siehe O. Lehmann, Zeitschrift für Instrumentenkunde 2, 88, 1882. — [2]) Es ist zu beziehen von Glasbläser Götze in Leipzig, Liebigstraße.

wöhnlich leicht herum führen, oft aber muß man die erhitzte Stelle nach und nach ein wenig befeuchten, um den ersten Riß zu erzeugen. Dieses Verfahren eignet sich aber nur für Kugeln von starkem Glase, oder um Glasröhren am zugeschmolzenen Ende wieder zu öffnen.

Dünnwandige Glaskugeln durchbohrt man nach Dvořak (1901) mit einem weißglühenden spitzen Kohlenstift von 4 mm Dicke.

Beim Innenansetzen (Fig. 1541) wird zunächst die weitere Röhre zugeschmolzen, in der beschriebenen Weise wieder eröffnet und sodann die Öffnung durch Erwärmen und Stauchen oder Auftreiben so weit verkleinert oder vergrößert, daß die einzuschmelzende Röhre fast genau hineinpaßt. Letztere umgibt man an dem inneren Ende mit Papier oder Kork bis zum Anschluß an die Wand der äußeren Röhre, damit sie hierdurch vorläufig einen Halt bekommt. Natürlich müssen, damit das Papier nicht verbrennt, zunächst beide Röhren genügend lang gelassen werden und zwar muß die weitere die innere so viel überragen, daß das Ende mit einem Kork verschlossen werden kann. Man zieht nun die innere Röhre zunächst etwas heraus, erwärmt beide unter drehen gleichmäßig bis nahe zum Entweichen und bewirkt dann das Zusammenfließen mit der Stichflamme, worauf man noch durch Aufblasen die richtige Weite wieder herstellt und der Ansatzstelle gute Form gibt.

Auch ein glühender Platinstift, wie er bei den Holzbrandarbeiten verwendet wird, kann zu gleichem Zwecke dienen.

Soll an die geöffnete Stelle einer Glasröhre eine andere seitlich angesetzt, d. h. ein T-Stück gebildet werden, so muß das Ende der Ansatzröhre eben sein und die Öffnung der Glasröhre der der Ansatzröhre gleich gemacht werden. Man setzt dann stumpf aneinander mittels der Stichflamme. Vollkommen gut wird die Vereinigung nur dann, wenn man zwei von den drei Öffnungen zustopft, die Lötstelle aufbläst und dann wieder einsinken läßt.

c) Das Einschmelzen und Kitten. Ist es nötig, einen Platindraht (andere Drähte lassen sich nicht verwenden) seitlich in eine Glasröhre einzuschmelzen, so wärmt man die betreffende Stelle erst langsam an, indem man das Rohr drehend in eine nicht sehr heiße, leuchtende Gasflamme oder Spiritusflamme einhält, bis es zu erweichen beginnt. Nun erhitzt man den Punkt, an welchem die Öffnung gemacht werden soll, sehr stark, indem man eine feine Stichflamme darauf richtet.

Ist die fragliche Stelle der Röhre möglichst erweicht, so sticht man mit dem Draht hinein, zieht ihn aber alsbald wieder heraus. Er zieht dann die Glasmasse als hohlen Dorn mit sich heraus. Man bricht diesen in geringer Entfernung von der Röhre ab, reinigt den Draht wieder, glüht ihn aus und schiebt ihn in die entstandene Öffnung ein und schmelzt mit der Stichflamme die Glasmasse daran an, indem man sie bis zum Erweichen erhitzt. Es ist dabei zweckmäßig, den Draht erst etwas tiefer als nötig einzustecken, und dann, nachdem die Glasmasse teigig geworden und ihn umflossen hat, wieder etwas herauszuziehen (Fig. 1544). Schließlich erhitzt man nochmals die Röhre, namentlich auf der der Lötstelle entgegengesetzten Seite drehend in der minder heißen Flamme und läßt sie schließlich in einer kleineren leuchtenden Flamme dicht berußen.

Zweckmäßiger ist es, das Platin durch Vermittelung von Einschmelzglas (Bleiglas, Rubinglas, blaues Emailleglas) einzuschmelzen, von welchem man kleine Stengelchen stets vorrätig haben muß (Fig. 1545).

Nur Jenaer Thermometerglas 16, „Platinglas“ genannt, eignet sich zum direkten Einschmelzen, da es gleiche Ausdehnungskoeffizienten wie Platin besitzt [1]).

Beim Kühlen muß das Berußen des Platins verhindert werden, es kann z. B. über dem Cylinder eines Argandbrenners geschehen.

W. Schmidt empfiehlt zum Vergießen von Metalldrähten in Glasröhren eine leicht schmelzbare Metallmischung, bestehend aus 4 Tln. Wismut, 4 Tln. Blei, 3 Tln. Zinn und 1 Tl. Kadmium, welche gleichen Ausdehnungskoeffizienten mit dem Glas besitzt [2]).

Eine Legierung von 95 Gew.-Proz. Zinn und 5 Proz. Zink, welche bei etwa 200° schmilzt, mittels Lötkolbens über das bis zu dieser Temperatur erhitzte Glas ausgebreitet, haftet nachher fest an demselben.

Die Verbindung von Gläsern kann auch durch Lötung mit Weichlot erfolgen. Dieselben werden zuerst platiniert, indem man Platinchlorür und Kamillenöl aufträgt und bis zur Reduktion des Platins erhitzt, alsdann galvanisch einen Kupferniederschlag darauf herstellt und die verkupferten Flächen mit Zinnlot verlötet.

Die am häufigsten angewandten gewöhnlichen Kitte sind Siegellack [3]), Schellack und Kolophonium (mit Leinölfirnis). Ersteres ist vorzuziehen, wenn die Farbe nicht hindert, weil es durch Zusätze etwas weniger spröde ist als reines Schellack. Zweckmäßig wird aus diesem Grunde letzteres mit etwas venetianischem Terpentin oder Kanadabalsam zusammengeschmolzen. In jedem Falle müssen die Gegenstände so weit erwärmt werden, daß der Kitt darauf zerfließt. Wo man aus verschiedenen Gründen die Erwärmung nicht so weit treiben mag, reibt man die betreffende Stelle zuvor mit etwas Terpentinöl ab, oder man erwärmt nur gelinde und trägt eine dicke Schicht von Siegellacklösung auf, die man dann noch durch brennendes Siegellack bis zur erforderlichen Dicke bringen kann. Man gewinnt auch so eine gute Haltbarkeit. Wenn beide Teile hinreichend mit Kitt überzogen sind, so läßt man sie erkalten und erwärmt sie beim wirklichen Zusammensetzen nur so weit, daß der Kitt gehörig weich wird, um sich anzunehmen. Bringt man sie nämlich heiß zusammen, so kann infolge der ungleichen Kontraktion an dem einen oder anderen Teile ein Sprung entstehen. Diese Vorsicht ist zwar nicht immer nötig, darf aber namentlich dann nicht außer acht gelassen werden, wenn Glasröhren in gut passende metallene Hülsen gekittet werden. Daß die gekitteten Teile so lange in der erforderlichen Stellung gegeneinander gehalten werden müssen, bis der Kitt erkaltet ist, versteht sich wohl von selbst; man kann übrigens ohne Eintrag für die Festigkeit dieses Erkalten durch Wasser beschleunigen. Aller überflüssige Kitt wird später mittels des Messers weggenommen. Wo die Verhältnisse


Fig. 1544.


Fig. 1545.

[1]) Zu beziehen von Schott u. Gen., Glaswerk in Jena. — [2]) Kadmiumamalgam (22 bis 26 Kadmium auf 78 bis 74 Quecksilber) wird sehr fest und deshalb von Zahnärzten zum Plombieren der Zähne gebraucht. — [3]) Auch bei Vakuumröhren kann Siegellack oder Kolophonium mit Leinölfirnis zum Einkitten dickerer Elektroden Verwendung finden. Da, wo Erhitzung zu befürchten ist, muß für äußere Kühlung, z. B. durch umgeleitetes Wasser, gesorgt werden. Sehr hohes Vakuum läßt sich indes in gekitteten Röhren nicht erzielen, falls der Kitt von Kathodenstrahlen getroffen wird.

es erlauben, muß man die zu kittenden Gegenstände so dicht aneinander drücken als möglich; die Arbeit hält um so besser, je weniger Kitt zwischen der Fuge ist.

Beispiele von Siegellackkittungen zeigen die Fig. 1546, 1547, 1548, 1549, 1550, 1551 und 1552.

Bei den Kittungen Fig. 1550 und 1552 ist die Kittung einfach durch Eingießen von geschmolzenem Siegellack in die Höhlung bewirkt, nachdem zuvor die Röhre passend angewärmt war.

Ist ein Apparat schon mit Siegellack gekittet, so kann man eine andere Kittung noch mit der leichter flüssigen Mischung von Kolophonium und Wachs ausführen.

Soll eine Glasröhre in eine Gefäßwand, z. B. das Endstück einer Metallröhre derart eingekittet werden, daß sie auch bei starkem Überdruck im Innern des Gefäßes nicht herausgedrückt wird oder die Dichte der Kittung leidet, so muß die Öffnung in der Gefäßwand auf der Innenseite konisch erweitert und entsprechend das Glasrohr konisch oder bauchig (Fig. 1553) aufgetrieben sein.

Ein sehr nützlicher Kitt, mittels dessen man Glasröhren, die starke Druckänderungen auszuhalten haben, in metallene Fassungen kitten kann, ist der Marineleim. Er wird bereitet aus Kautschuklösung in Benzin oder Schwefelkohlenstoff, welcher unter Erwärmen Schellack oder andere Harze zugesetzt werden [1]).

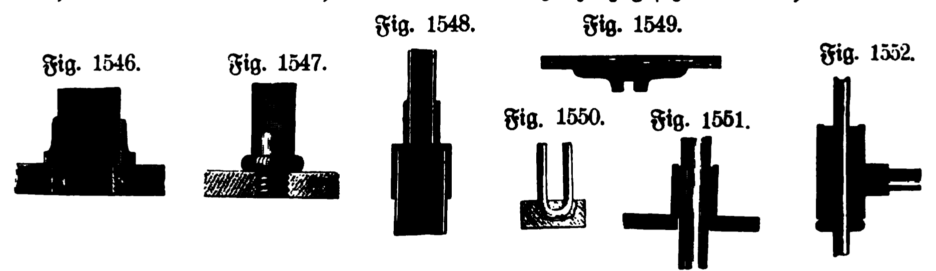


Fig. 1546. Fig. 1547. Fig. 1548. Fig. 1549. Fig. 1550. Fig. 1551. Fig. 1552.

Ein anderer sehr empfehlenswerter, etwas elastischer Kitt besteht aus 1 Tl. schwarzem Pech und 1 Tl. Guttapercha. Diese Kitte sind etwas nachgiebig und erhalten deshalb keine Risse, ja etwa entstandene schließen sich von selbst wieder [2]).

Ein sehr brauchbarer Kitt zum Verkitten von dicht zusammenpassenden Gläsern ist Kanadabalsam. Derselbe wird erhitzt auf die gleichfalls (in einem Thermostaten) erhitzten Flächen aufgetragen und letztere dann nach einigem Warten (bis das Lösungsmittel des Balsams sich verflüchtigt hat) zusammengedrückt und langsam abkühlen gelassen.

Man kann damit z. B. gläserne Tröge, wie Fig. 1554, kitten. Soll ein solcher Trog dicht sein für Alkohol, Benzol u. s. w., so kann man an Stelle des Kanadabalsams zähe Wasserglaslösung verwenden. Für manche Zwecke eignet sich auch Hausenblasenkitt. Man löst in Wasser aufgeweichte Hausenblase in nicht mehr als nötig starkem Weingeist und mischt noch etwa 2 Proz. der trockenen Hausenblase für sich in Weingeist gelöstem Mastix bei.

---

[1]) Er ist z. B. von der Materialienhandlung von Zündel und Kohler in Mülhausen i. E. zu beziehen, das Kilo zu 3 Mk. — [2]) Über das Einkitten von Glaskapillaren in Metallhülsen, so daß die Verbindung einen Druck von 500 Atmosphären aushalten kann (unter Benutzung von Cailletetscher Pechmischung), siehe Hulett, Zeitschr. f. phys. Chemie 28, 635, 1899.

Tröge aus Blechstreifen oder Winkeleisen und Glasplatten (Fig. 1555) werden gewöhnlich mit Mennigekitt gekittet. Man erhält solchen durch tüchtiges Verarbeiten — mittels des Hammers — von Mennige und Bleiglätte mit Leinöl, welche man so lange durchknetet, bis ein zarter und biegsamer Teig entsteht.

Sehr häufig wird zum Einkitten von Glasplatten (Fig. 1556) der gewöhnliche Glaserkitt gebraucht, eine gut durchgeknetete Mischung von Kreide mit Leinöl und Leinölfirnis. Zum Aufstreichen dient ein stumpfes elastisches Messer, das Kittmesser (Fig. 1594).

Ein rasch (in 10 bis 30 Minuten) erhärtender Kitt kann hergestellt werden durch Kneten von Bleiglätte mit Glycerin. Derselbe ist sehr widerstandsfähig gegen chemische Einwirkungen und erträgt Erwärmung bis auf 270°. Vor dem Gebrauche müssen die Flächen gut gereinigt und mit Glycerin abgerieben werden.

Einen zu verschiedensten Zwecken brauchbaren Kitt gibt Wasserglas mit sehr fein pulverisiertem Glas, Kreide oder Asbest zu Teig geknetet.

Ein Kitt zum Befestigen von Messing auf Glas wird erhalten durch Kochen von 1 Tl. Ätznatron und 3 Tln. Kolophonium in 5 Tln. Wasser und Zusammenkneten der entstandenen Harzseife mit Gips.

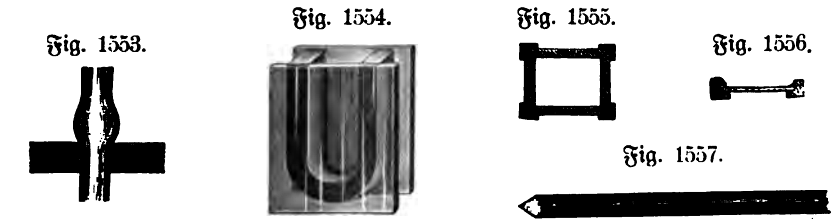


Fig. 1553. Fig. 1554. Fig. 1555. Fig. 1556. Fig. 1557.

d) Glasschleifen und Bohren. Häufig sollen die Ränder geschliffener Glasplatten eben oder rund geschliffen werden[1]). Das Rohschleifen geschieht hier am einfachsten auf einer ebenen alten gußeisernen Platte mit grobem Schmirgel[2]) und Wasser, das Ebenschleifen, nachdem das Glas im vollen Wasserstrahle abgespült wurde, auf einer alten Spiegelplatte mit geschlämmtem Schmirgel und Wasser. Die hierzu verwendeten Eisenplatten und Glasplatten halten freilich nicht lange, da sie sehr bald konkav werden. Bis zu gewissem Grade können sie aufeinander wieder eben geschliffen werden. Ganz besonders geeignet zum Ebenrichten von Glasglocken u. dergl. sind gußeiserne Planscheiben oder Richtplatten. Sie werden aber nur zur letzten Vollendung benutzt, um sie selbst länger brauchbar zu erhalten.

Kleinere Sachen kann man auf einem gewöhnlichen Schleifsteine, besonders wenn er in schnellen Lauf gesetzt werden kann, sehr leicht schleifen, und man greift erst dann zur Glasplatte, wenn es sich um das letzte Ebenrichten handelt.

---

[1]) Fertig geschliffene Glasplatten sind zu beziehen von Kritz und Johannes, Glasschleiferei und Gravieranstalt, Langenwiesen in Thüringen; Spiegelglasplatten z. B. von der Glas- und Spiegelmanufaktur in Schalke i. W. — [2]) Karborundum zu beziehen von W. A. Derrick, Berlin C., Große Präsidentenstr. 9 und Neue Promenade 4, wird in neuerer Zeit häufig statt Schmirgel gebraucht und ist ebenso wie dieser in verschiedenster bis zu feinster Körnung zu erhalten. Ein anderes Schleifmaterial, welches härter als Schmirgel sein soll, ist Craig-Minen-Kristall-Korundum, zu beziehen von Pike, Mfg. Co., Köln a. Rh., Eifelstr. 22. Über andere Schleifpulver siehe S. 395.

Soll ein Glas nur auf der Kante geschliffen werden, so schleift man immer zuerst die Ecken ein wenig ab, um das Ausspringen zu verhüten.

Sollen Glasplatten matt geschliffen werden, so geschieht dieses am besten auf einer anderen Glasplatte mit Wasser und Schmirgel. Sind die Platten schon eben, ist es also Spiegelglas, so nimmt man sogleich vom feinsten Schmirgel, wenn das Matt ein feines werden soll.

Eine eigentümliche Methode des Mattschleifens von Glas besteht in dem Aufwerfen von Sand, welcher durch einen Luft- oder Dampfstrahl kontinuierlich aus einer Röhre herausgeschleudert wird [1]). Durch Bedecken einzelner Teile der Glasfläche mit einer Schablone können diese geschützt und so beliebige Zeichnungen hervorgerufen werden.

Zum Einschleifen von Vertiefungen und Zeichnungen bedient man sich kleiner rasch rotierender Kupferscheibchen, die gewöhnlich mit Schmirgel und Terpentin versehen werden; zuweilen verwendet man auch dünne Schmirgelscheiben.

Löcher unter 3 mm werden mittels eines dreikantigen, unter einem Winkel von 60° zugespitzten harten stählernen Stiftes unter Befeuchtung mit harzigem Terpentinöl durchgebohrt; ganz feine — nadelfeine — mit jedem harten Metallbohrer. Namentlich bei diesen kleineren Löchern muß man vorsichtig drücken, wenn einmal eine Öffnung entstanden. Man bohrt sie übrigens auch unter Befeuchtung mit Terpentinöl [2]) mit jedem sogenannten Grabstichel (Fig. 1557) oder einer scharfkantig stumpfpyramidal zugeschliffenen dreieckigen Feile von Hand beinahe ebenso rasch als auf der Drehbank; man führt dabei den Grabstichel, Fig. 1509, nicht nur gerade drehend, sondern zugleich wühlend. Mittels guter Reibahlen und Terpentinöl können Löcher jeder Größe rasch erweitert werden.

Löcher von 3 bis 5 mm Durchmesser bohrt man mit kupfernen Zäpfchen, noch größere mit einem kupfernen Rohr (Fig. 1510) oder Ring von 1 bis 2 mm Dicke, welchen man auf die Drehbank an ein Holzfutter so richtet, daß er innen und außen rund läuft. Man leimt dann auf das Glas eine der inneren Weite des Ringes entsprechende Korkscheibe, welche dem Ringe als Führung dient, läßt die Drehbank rasch laufen und trägt fleißig dünnen mit Öl angemachten Schmirgelbrei auf; es wird so ein rundes Stück Glas herausgeschnitten. (Auf dieselbe Weise werden aus dickem Glase die Stücke für Linsengläser erhalten.)

Um die Glasscheibe gegen das rotierende Rohr anzudrücken, kann man ebenso wie beim Metallbohren auf der Drehbank den Reitnagel mit aufgesetzter Platte benutzen, nur darf man diese nicht direkt auf die Scheibe drücken lassen, sondern zunächst auf eine dicke, hinreichend elastische Kautschukplatte. Der Durchmesser derselben muß größer sein als das zu bohrende Loch. Falls die Reitnagelplatte kleiner sein sollte, legt man noch ein Stückchen Brett zwischen beide.

Ist das Glas bald durchgeschnitten, so muß man es mittels eines ebenen Stückchen harten Holzes gegen den Ring drücken, und wenn es an einer Stelle bereits durch ist, keinen weiteren Schmirgel, wenigstens keinen groben mehr auf-

[1]) Sandstrahlgebläse mit Fußbetrieb oder zum Anschluß an eine Druckluftleitung liefert Alfred Gutmann, Maschinenbauaktiengesellschaft in Ottensen-Hamburg; ferner Sonnenthal jun., Berlin, die kleinsten, Fig. 1503, S. 483, zu 138 bezw. 93 Mk. Über Glasschleifen und Glaspolieren, sowie über Mattieren und Verzieren von Glaskörpern mit dem Sandstrahlgebläse siehe Wetzel, Glasbearbeitung, Hartleben, Wien, S. 67 und 141 ff. — [2]) Noch besser soll sich ein Gemisch von 25 Tln. Oxalsäure und 12 Tln. Terpentin eignen.

tragen; letztere Vorsicht ist eigentlich nur bei dünnen Glasscheiben nötig. Trotz aller Vorsicht springt gern der Rand an solchen Löchern aus. Will man dieses verhüten, so darf man nur von beiden Seiten aus gegeneinander bohren und den inneren Rand auf der äußeren Fläche des kupfernen Ringes ausschleifen. Wäre ein auf diese Weise gebohrtes Loch zu klein, so richtet man auf der Drehbank ein schwach konisches Stück Lindenholz her, mit welchem sich mittels Schmirgel und Wasser eine solche Öffnung rasch erweitern läßt. Ist das zu bohrende Glasstück so beschaffen, daß es sich auf der Drehbank einspannen läßt, so kann man auch mittels eines harten Grabstichels unter Befeuchtung mit Terpentinöl eine kreisförmige Rinne herausdrehen; es geht solches beinahe schneller als das Schleifen. Man läßt dabei nur langsam umlaufen.

e) Einschleifen von Stöpseln. Zum Aufbewahren von Salzsäure, Ammoniak u. s. w. hat man Flaschen nötig, deren Glasstöpsel luftdicht schließen sollen. Bekommt man nun auch Flaschen mit Glasstöpseln fast überall, so ist doch beim Einschleifen der Stöpsel nicht selten zu wenig Fleiß angewendet, so daß Nachschleifen nötig wird. Ebenso kommt man öfters in die Lage, ein konisches Glasrohr in einen entsprechenden Hohlkonus einschleifen, einen „Schliff“ herstellen zu müssen.

Man bestreicht zu diesem Zwecke die beiden Teile mit einem Brei aus Schmirgel oder Karborundum und Terpentin und dreht sie gegeneinander entweder mit der Hand oder mittels der Drehbank so lange, bis die Schliffflächen gut aufeinander passen, während man gleichzeitig den Stöpsel fortwährend etwas aus- und einzieht, damit der Schmirgelbrei, welcher nach und nach durch feineren ersetzt wird, gut zur Schleiffläche treten kann und kein Festreiben eintritt. Soll der eine Teil mit der Drehbank umgedreht werden, so klemmt man ihn zwischen nicht zu feste Kautschukbacken, um Spannungen zu vermeiden.

Schliffe, welche sehr gut dicht halten sollen, namentlich Glashähne, werden zunächst mittels eines konischen stählernen Zapfens ausgeschliffen, dann biegt man um diesen ein Stück Zinkblech, so daß es dicht anschließt, und schleift in dieses den (noch undurchbohrten) Zapfen ein, wobei die beiden Enden des Zinkstreifens als Griff dienen. Nun erst wird der Zapfen direkt in die Höhlung eingeschliffen und zuletzt durchbohrt. Natürlich geht man auch hierbei zu immer feineren Schmirgelsorten über und wäscht vor dem Übergehen zu einer neuen Sorte alle anhaftenden Teilchen der früheren gut ab.

Besondere Schwierigkeit bietet unter Umständen das Entfernen eines festsitzenden Glasstöpsels aus dem Halse der Flasche oder das Ausziehen des Zapfens eines Glashahns, wenn sich derselbe nicht mehr umdrehen läßt. Ist der Glasstöpsel durch Salzkrusten festgekittet, so stellt man die Flasche mit dem Hals nach unten in warmes Wasser, durch welches die Salzschichten allmählich gelöst werden. Handelt es sich nur um eine einfache Klemmung, die durch Temperaturänderung entstanden sein kann, insofern bei Erwärmung der Hals sich ausdehnt, der Stöpsel tiefer sinkt und dann bei Wiedererkaltung festgeklemmt wird, so dreht man den Flaschenhals einige Male in der Flamme einer Weingeistlampe oder eines Bunsenschen Brenners hin und her und sucht dann den Stöpsel zu lösen, eventuell unter Beihilfe gelinder Schläge mit einem Holzstück. Gelingt die Operation beim ersten Male nicht, so wiederholt man sie. Bei diesem Erwärmen hat man aber die nötigen Vorsichtsmaßregeln zu treffen, um für den Fall, daß das Glas springen würde, entweder den Inhalt nicht zu verlieren oder sich nicht durch

denselben zu beschädigen. Besonders auf Gläsern mit Alkalien bleiben die Stöpsel gern stecken; man wendet daher hierfür Korkstöpsel an oder umwickelt den Glasstöpsel mit einer oder zwei Lagen Papier. Jedenfalls bewahrt man die Glasstöpsel aller abgehenden Flaschen sorgfältig auf, um vorkommenden Falls um so eher einen nahezu passenden Stöpsel aufsuchen zu können.

Bei Glashähnen kann man ebenso verfahren, nur darf die Erwärmung nicht beträchtlich sein und der Zapfen nur in seiner Längsrichtung gezogen, nicht geschlagen werden. Gelingt die Lösung auf diese Weise nicht, so kann man an den Griff des Hahns ein Gewicht anhängen und die Hülse auf eine Öffnung in einem Brett aufstützen, so daß das Gewicht fortwährend den Zapfen herauszuziehen sucht. Natürlich muß dafür gesorgt sein, daß, wenn nach einiger Zeit Lösung stattfindet, der Hahnzapfen beim Herunterfallen nicht an einen harten Körper anstoßen und zerschellen kann. Gelingt die Lösung auch auf diesem Wege nicht, so versucht man sie nochmals, indem man das Ganze in warmes Wasser bringt oder, während das Gewicht einwirkt, abwechselnd erwärmt und wieder abkühlt[1]).

Fig. 1558.



Fig. 1559.

Fig. 1560.



Um das Verdunsten der an dem Stöpsel hängenden Flüssigkeit zu hindern, wird zuweilen über den Stöpsel noch eine Glaskappe geschliffen, wie Fig. 1558 zeigt. Die Fig. 1559 zeigt einen solchen Zapfen, der oben an die Kappe angeschliffen ist und durch diese festgehalten wird, so daß die Verbindung auch gegen Überdruck im Innern dicht hält.

Um ein Ventil (Fig. 1560) einzuschleifen, versieht man dasselbe zunächst mit einem langen, aus der Röhre herausragenden Stiel, welcher nach dem Fertigschleifen abgeschnitten wird.

f) Das Linsen- und Prismenschleifen. Glasstücke für Linsen werden durch Abkröseln vorgerichtet, größere zunächst durch Abschlagen kleiner Stückchen mittels eines Hammers. Durch andauernde Übung läßt sich hierin große Fertigkeit erreichen. Feinere Partikelchen können durch Schaben mittels eines glasharten Stahls oder einer Diamantspitze abgelöst werden, wobei aber das Arbeitsstück reichlich mit Terpentin benetzt werden muß. Zuweilen handhabt man solche Stichel oder Diamantwerkzeuge ganz wie Drehmeißel beim Drehen oder wie Grabstichel beim Gravieren[2]).

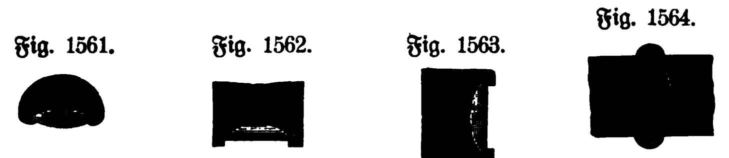
Die roh bearbeiteten Glaslinsen werden sodann in messingenen Schalen (Schleifschale) mit Schmirgel und Wasser annähernd in die richtige Form geschliffen. Man befestigt sie hierauf mit Pech an einem Griffe, um sie sicherer halten zu können, und schleift dann in einer messingenen Schale, welche genau die richtige Form besitzt, und zwar so, daß man das Glas abwechselnd im Kreise herumführt und wieder kreuz und quer, bis es sich möglichst gut an die Schale anschließt. Dann wird alles gut abgewaschen und eine feinere Sorte Schmirgel aufgetragen. So fährt man fort, bis schließlich die Oberfläche ganz gleichmäßig fein matt erscheint.

[1]) Zum Dichten der Hähne dient gewöhnlich eine Mischung von Lanolin und Wachs oder einfach Talg. (Siehe auch unten bei Quecksilberluftpumpe.) Hähne, welche gegen benzinartige Flüssigkeiten dicht halten sollen, dichtet man mit einer Mischung von Glycerin und Gelatine. — [2]) H. Schröder, Zeitschr. f. Instrum. 7, 261, 339, 1887.

Nun schmelzt man eine Mischung von Pech und Kolophonium, drückt diese Masse in heißem Zustande, um sie von Unreinigkeiten zu befreien, durch Leinwand und schüttet in die zuvor erwärmte Schleifschale davon so viel, daß die Fläche einige Millimeter hoch damit bedeckt ist. Wird die Schicht allmählich zähe, so drückt man eine entsprechende konvexe Schleifschale, deren Fläche gut trocken, rein und kalt ist, hinein und kühlt dann das Ganze mit Wasser ab. So entsteht eine Pechschale, welche genau der Form der Linse entspricht, und in welcher diese auf gleiche Weise poliert wird, wie sie zuvor in der messingenen Schale geschliffen wurde. Als Poliermittel dient dann eine Mischung von Englischrot und Wasser. Man bewegt die Linse so lange in der damit bestrichenen Pechschale hin und her, bis sie ganz klar und durchsichtig geworden ist [1]).

Um fertig geschliffene Linsen zu befestigen, werden sie entweder, wie schon oben (S. 411) beschrieben, durch Überdrücken in einer metallenen Fassung befestigt oder einfach durch einen federnden Ring, wie die Figuren zeigen, gegen den vorspringenden Rand einer Röhre oder Hülse gedrückt oder auch in einen rinnenförmig gestalteten Blechring eingeklemmt [2]) (Fig. 1561).

Fig. 1561. Fig. 1562. Fig. 1563. Fig. 1564.



g) Das Schleifen und Bohren von Kristallen. Das Schleifen harter Kristalle gehört zu den schwierigeren Arbeiten, man läßt es daher am besten von einer optischen Schleifanstalt besorgen [3]).

Zum Zerschneiden des Kristalls benutzt man entweder einen mit Schmirgel und Öl benetzten, nach Art einer Laubsäge eingespannten Draht („Schmirgeldraht“), oder mit einer auf der Drehbank umlaufenden abgedrehten, mit scharfem Rand versehenen kupfernen Scheibe [4]) (Fig. 1565), welche sich

---

[1]) Siehe auch Taschenbuch für Präzisionsmechaniker 2, 97, 1902; R. Steinheil, Zentralzeitung für Optik und Mechanik 14, 147 ff., 1893 und Brashear, Deutsche Mechanikerzeitung 1898, S. 68. — [2]) Gläser zur Herstellung von Linsen und Prismen liefern Schott u. Gen., Glaswerk, Jena, Lichtenhainerstr. 9. Optischer Siegellack zum Aufkitten von Linsen ist zu beziehen von Otto Sommerburg, Potsdam, Französische Kirche 1, 1/2 kg zu 2 bis 6 Mk. Grünes Pech zum Glaspolieren liefert Carl Netz, Fabrik technischer Präparate, Jena. Für kleine Linsen eignet sich Frauenhofers Kitt, bestehend aus Kolophonium und Olivenöl. Schleifmaschinen für optische Gläser sind zu beziehen von: Ahlberndt, Mechanische Werkstatt, Berlin SW., Hollmannstr. 10; Joh. Leonh. Heid, Fürst i. B., Gustavstr. 57; H. Seidel, Berlin N., Linienstr. 158. Brillengläserschleifmaschinen liefert Otto Schmidt, Rathenow. — [3]) Dr. Steeg und Reuter in Homburg v. d. H. liefern sehr exakt geschliffene Kristallpräparate. Edelsteinschleifereien sind: H. Stern, Edelsteinschleiferei, Oberstein a. d. N.; C. W. Benedict, Edelsteinschleiferei, Oberstein a. d. N.; Backes, Edelsteinschleiferei, Idar a. d. N.; Gebr. Herringer, Achatschleiferei, Idar a. d. N., Reinh. Grub, Achatschleiferei, Oberstein a. d. N.; Aug. Klar, Idar; Rud. Fißler, Idar; Leyser u. Zang, Obertiefenbach; Friedrich Casper, Idar; C. W. Keßler, Idar; Jac. Barth III., Oberstein; Wilh. Becker, Oberstein; Tatsch u. Steinfels, Idar; Louis Wild I. u. Söhne, Idar. — [4]) Fueß zieht Weißblechscheiben (0,5 mm dick) vor. Die Scheibe muß genau rund gedreht sein und genau in der Rotationsebene liegen, da ein Hin- und Herschwanken der Scheibe die Arbeit sehr stört.

zwar leichter in Bewegung setzen läßt, aber den Schmirgel infolge der Zentrifugalkraft weniger gut festzuhalten vermag.

Aus letzterem Grunde macht man aus Blech eine Rinne, wie Fig. 1566, deren Öffnung so groß ist, daß man die Kupferscheibe hineinbringen kann. Die Rinne umfaßt etwa $^4/_5$ bis $^5/_6$ des Umfanges und wird so auf ein Klötzchen von entsprechender Höhe befestigt, daß sie ihren Ausschnitt dem Gesichte des Arbeiters zukehrt und die Kupferscheibe beinahe den Boden berührt. In diese Rinne bringt man von einem dünnen Brei aus gewöhnlichem Schmirgel und Öl so viel, daß die Scheibe nur darin eingetaucht bleibt, und setzt letztere mittels der Drehbank in möglichst rasche Umdrehung.

Fig. 1567 zeigt eine kleine Schneidemaschine[1]), wie sie in mineralogischen Laboratorien gebraucht wird. Ihre Spindel wird durch ein Zahnrad in rasche

Fig. 1565. Fig. 1566.

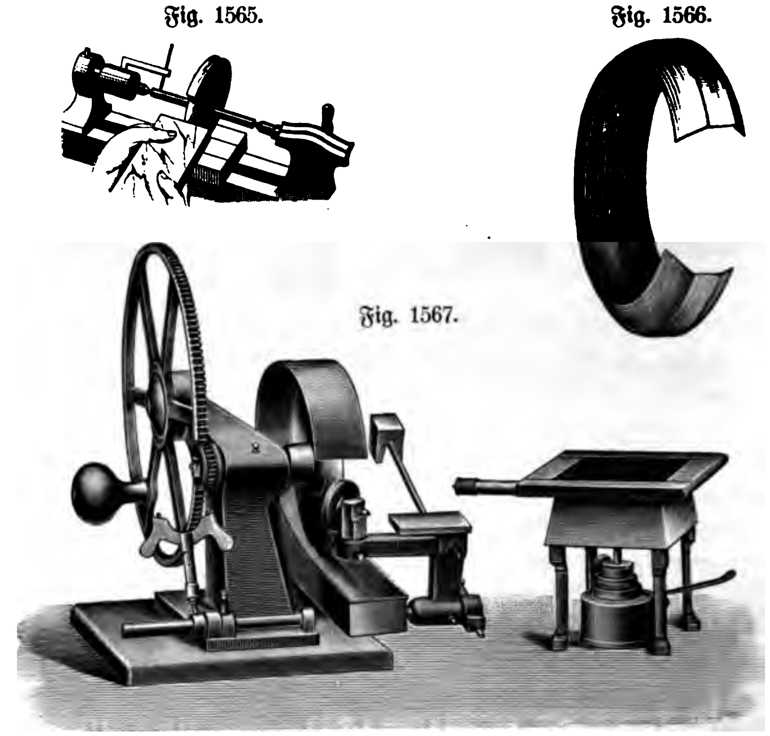


Fig. 1567.

Umdrehung versetzt. Sie trägt die Schneidescheibe. Die untere Achse trägt an einem Arm die Futter, in welche der zu schneidende Kristall (mit Siegellack) festgekittet wird. Sie ist in Lagern am Fuße des Apparates drehbar, um den Kristall der Schneidescheibe nähern zu können, und kann in ihrer Richtung verschoben und durch Stellringe festgelegt werden. Zum Anziehen der Schrauben der Stellringe dient ein Schlüssel, der in der Figur auf die Schraube des linken Stellringes aufgesteckt ist. Der Druck auf den Kristall wird durch ein Gewicht hervorgebracht, welches an einem von der Rückseite des drehbaren Arms ausgehenden Stäbchen befestigt ist.

[1]) Zu beziehen von R. Fueß, Berlin-Steglitz, zu 72 Mk., größere Maschinen mit Fußbetrieb zu 270 bis 340 Mk.

Eine neuere Maschine dieser Art, zu beziehen von Voigt u. Hochgesang
. Brunée) in Göttingen (Preis 60 Mk.), zeigt Fig. 1568; eine Maschine
: Fußbetrieb von Fueß (Preis 285 Mk.), Fig. 1569.

Fig. 1568.

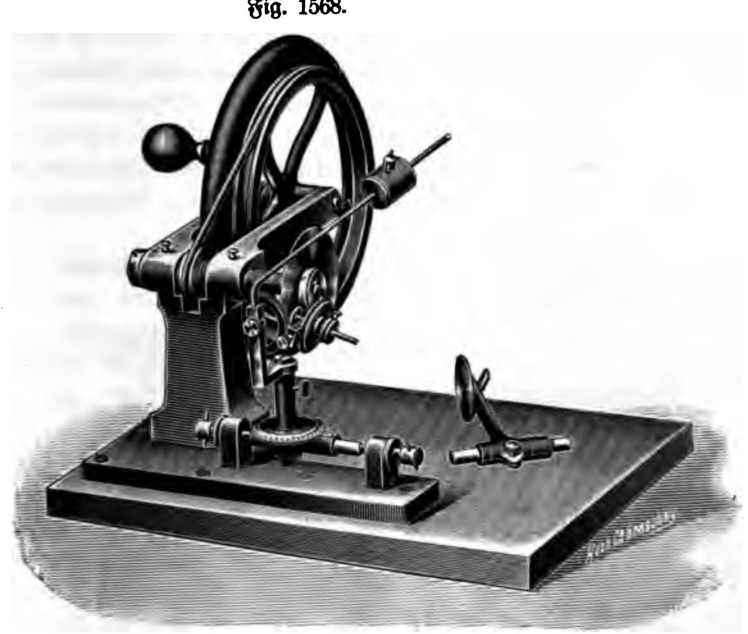


Fig. 1569.

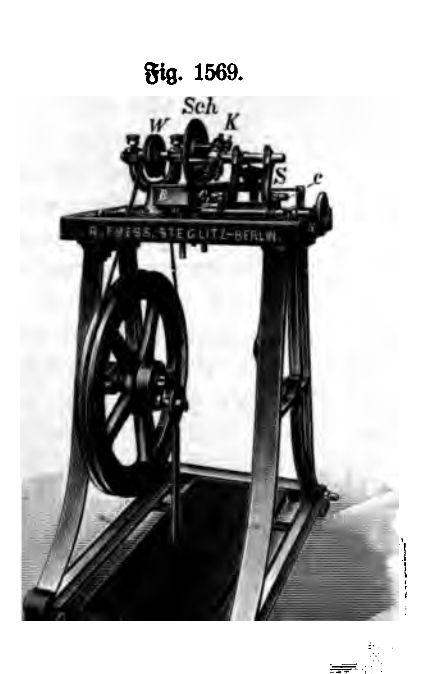


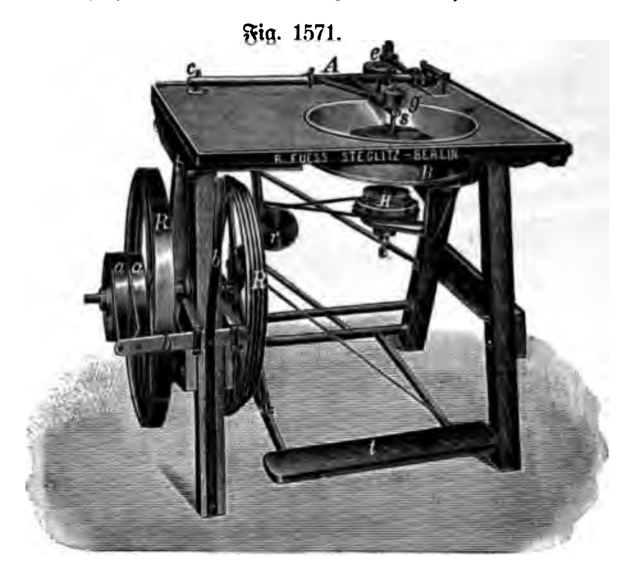
Fig. 1570.



Zum Schneiden sehr harter Kristalle verwendet man Diamantpulver[1]. Man schlägt mit einem stumpfen Messer in den Rand der Scheibe kleine 2 mm abstehende Kerben, drückt dann eine Achatplatte, welche mit einem Brei von Diamantpulver und Petroleum bestrichen ist, hin und her wiegend an, so daß sich die Diamantkörnchen in den Rand der Scheibe eindrücken, und läßt schließlich die Scheibe einige Male umlaufen, während man die Achatplatte festhält, so daß auf dieser ein Einschnitt entsteht. Die Säge ist nun zum Schneiden von Kristallen vorbereitet. Während des Schneidens läßt man fortwährend Petroleum darauf träufeln. Ist ein Schnitt beendet, so wird die untere Achse nach Lösen der Stellringe um etwas mehr als die Dicke der herzustellenden Kristallplatte verschoben und ein zweiter Schnitt ausgeführt.

Zum Ebenschleifen bedient man sich häufig einer gußeisernen Planscheibe (zu beziehen von Brunée zu 12 Mk.) oder einer Schleifplatte von Spiegelglas (Preis derselbe). Bei Benutzung der Drehbank läßt man auf eine hölzerne Scheibe von 1 dcm Durchmesser und 1 cm Dicke einen 3 mm dicken zusammengelöteten Reif aus Kupfer treiben, in welchen ein Boden von gleicher Dicke gelötet ist, so daß das Kupfer wie ein Dosendeckel auf das Holzfutter paßt, welches auf die Spindel der Drehbank geschraubt wird. Besser als dieses und dauerhafter, wenngleich etwas teurer, ist es, wenn man aus Stangenkupfer eine Scheibe von dem angegebenen Maße schmieden läßt, sie durchbohrt, ein Stück Kupfer oder Messing einlötet und dieses mit einer in die Spindel der Drehbank passenden Schraube versieht.

Fig. 1571.



Diese massive oder nur mit Kupfer überlegte Scheibe wird nun abgedreht, so daß ihre vordere Seite möglichst eben und auch ihr Rand möglichst konvex wird. Man läßt sie in einem Ringe, wie Fig. 1566, laufen, um sie beständig mit frischem Schmirgel zu versehen, solange man auf deren cylindrischer Fläche schleift, und hier schleift man nun die Kristallplatten aus dem Rohen zurecht, indem man ihre Flächen immer lieber etwas konkav als konvex hält, was die Scheibe an sich schon mit sich bringt. Um die Platten gehörig handhaben zu können, werden sie mittels Siegellack auf Korkstöpsel gekittet, nachdem man sie vorher mit Seife gehörig vom Öle der früheren Bearbeitung befreit hat.

[1]) Diamantstaub ist zu beziehen von Ernst Winter u. Sohn, Hamburg-Eimsbüttel; Joh. Urbanek u. Co., Diamantschleiferei, Frankfurt a. M., u. a. Schneidscheiben, gut mit Diamantpulver besetzt, liefert R. Brunée, Göttingen, zu 4 bis 6 Mk. Edelsteine verschiedenster Art, Diamantpapiere u. s. w. liefert C. Bauer, München, Frauenstr. 19.

Viel rascher wird das Bearbeiten der Flächen gefördert, wenn man sich der Schmirgel- oder Karborundumschleifsteine bedient, die man rund und eben in verschiedener Feinheit zu kaufen bekommt. Man schleift darauf mit Öl und läßt sie auf der Drehbank rasch umlaufen.

Bei der in Fig. 1571 dargestellten großen automatischen Schleifmaschine von Fueß (Preis 675 Mk.) ist zum Ebenschleifen eine horizontal rotierende Gußeisenscheibe angebracht. Eine kleine Handmaschine ähnlicher Art von Brunée (Preis 60 Mk.) zeigt Fig. 1572.

Den Schmirgel trägt man mit einem Stäbchen auf und läßt die Scheibe nur ganz langsam laufen; die zu schleifende Platte führt man in Epicykloiden auf der

Fig. 1572.

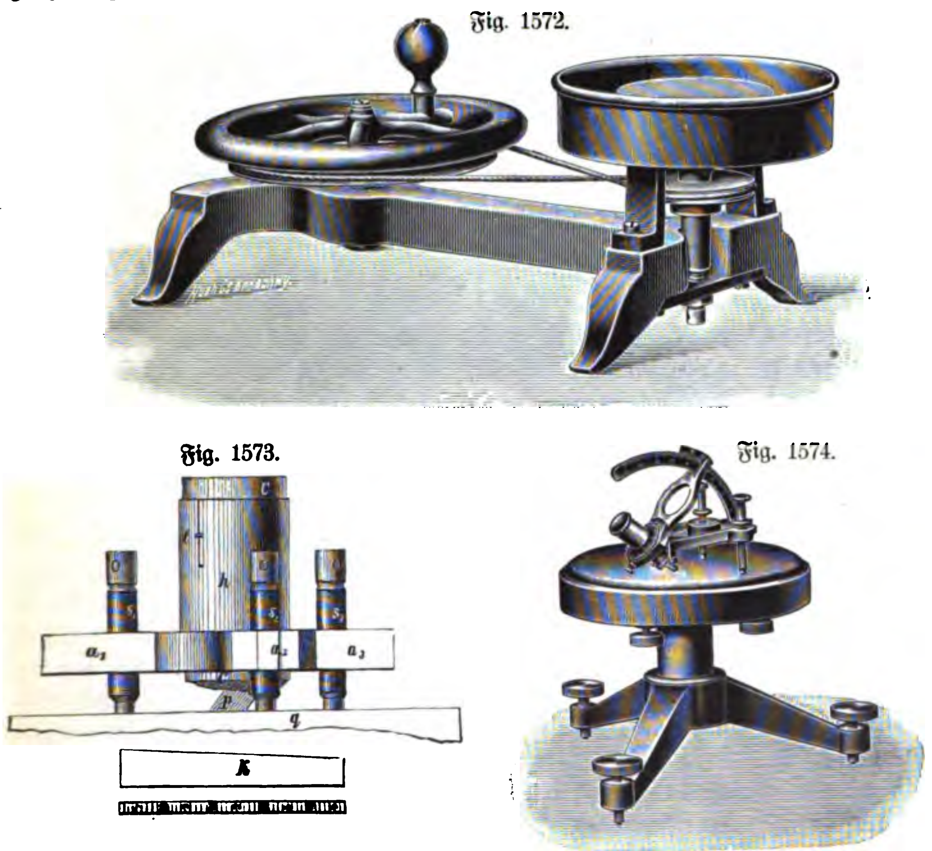


Fig. 1573. Fig. 1574.

Kupferscheibe herum und untersucht ihren Zustand fleißig mit einem stählernen Lineale. Zum Feinschleifen nimmt man nach sorgfältiger Reinigung der Kupferscheibe feineren Schmirgelbrei, und die letzte Arbeit nimmt man mit ganz feinem Schmirgel auf einem Stücke Kupferblech vor. Von der Feinheit, mit der der Kristall mattgeschliffen wird, hängt in allen Fällen der Erfolg ab, und man darf sich dabei die Mühe und Sorgfalt nicht verdrießen lassen. Das Poliermittel kann keine Unebenheiten mehr ausgleichen, außer bei ganz weichen Substanzen.

Um genau planparallele Platten zu erhalten bedient man sich zweckmäßig der von Fueß konstruierten, in Fig. 1573 dargestellten Vorrichtung [1]). Das

[1]) Zu beziehen von R. Fueß, Berlin-Steglitz, zu 18 Mk.

Präparat wird auf einen in der Hülse t gleitenden Cylinder aufgekittet. An der Hülse sind drei Vorsprünge $a_1\, a_2\, a_3$ mit Stellschrauben angebracht. Mittels eines Stahlkeils k mit Teilung werden die Schrauben so eingestellt, daß die Unterfläche des Cylinders mit der Oberfläche der Schleifplatte q parallel ist. Es ist leicht ersichtlich, daß dann das Präparat nur so weit abgeschliffen wird, bis die Schrauben auf q aufstehen, d. h. bis die hergestellte Schlifffläche parallel ist mit der zuerst hergestellten Fläche, mit der das Präparat angekittet wurde [1]).

Vor dem Polieren überzeugt man sich unter dem Polarisationsapparat, indem man unter Zwischenfügung einer Flüssigkeit von annähernd gleichem Brechungsexponenten beiderseits Glasplatten auflegt, um den Kristall durchsichtig zu machen, daß die Orientierung die richtige ist.

Zum Polieren dienen Scheiben aus gleichen Teilen Blei und Zinn. Man poliert unter möglichst rascher Umdrehung mit Wasser und Englischrot, zuletzt ziemlich trocken. Das Englischrot muß geschlämmt werden wie der Schmirgel. Das feinste setzt sich erst nach einer Minute ab.

Zum Polieren sehr harter Kristalle dient eine Zinnscheibe, welche mit Diamant Nr. 4 versehen wird, und schließlich eine Scheibe aus Buchsbaumholz mit Diamant Nr. 5.

Die Arbeit des Polierens wird wesentlich erleichtert, wenn man die Kanten der zu polierenden Flächen vorher schwach abschleift — eine Fazette anschleift.

Um mit Siegellack aufgekittete Steine wieder von dem Lack zu reinigen, behandelt man sie mit erwärmtem Alkohol. Auch die Futter, auf welche sie aufgelackt waren, müssen durch Auskochen in Alkohol wieder sorgfältig gereinigt werden.

Öfters werden auch konkave oder konvexe Flächen mittels eines Diamantstichels gedreht und mit Schleif- und Polierstäben von entsprechender Form geglättet.

Weichere Substanzen schleift man immer nur auf Glas mit Schmirgel, oder auch nur auf matt geschliffenem Glase oder einem Schleifsteine. Ein feiner gelber Ölstein ist zum Feinschleifen sehr wohl geeignet und gibt ein ausgezeichnetes Matt; nur Doppelspat bröckelt gern etwas aus, wenn man ihn auf einem Steine oder auf mattem Glase senkrecht zur Achse ohne Schleifmittel schleift. Die Politur kann ebenfalls mit Englischrot bewirkt werden, und zwar auf einem feinen Leinwandlappen, den man über einer Spiegelplatte zwischen Daumen und Zeigefinger ausspannt. Es hat dieses den Vorteil, daß die richtig geschliffenen Flächen beim Polieren nicht wieder verdorben werden.

Um genau ebene Flächen (z. B. an Nicolschen Prismen) zu polieren, wird auf eine ebene Messingplatte etwa eine 1 mm dicke Pechschicht aufgetragen, mit Polierrot eingerieben und mit einer Spiegelglasplatte genau geebnet. Man trägt auf diese Pechschicht etwas angefeuchtetes Polierrot auf und führt die zu polierende, in einen geeigneten Halter eingegipste Fläche kreisend darauf hin und her [2]).

---

[1]) Einen Apparat zur Herstellung orientierter Schliffe nach Fig. 1574 liefert R. Brünée, Göttingen, zu 75 Mk. Vergl. ferner: Wülfing, Zeitschr. f. Krist. 17, 445, 1890; Tutton, ibid. 24, 433, 1895; 25, 79, 1896; Halle, ibid. 30, 511, 1898 u. N. Jahrb. f. Min. 2, 252, 1896. — [2]) Doppelspat ist zu beziehen von J. Salomon, Lager von Doppelspat, Kopenhagen, Bredgadf 20. Über Herstellung Nicolscher Prismen siehe Deutsche Mechanikerzeitung 1896, S. 143.

Sehr weiche Kristalle kann man schon mit einer Laubsäge unter fortwährender Benetzung sägen, wobei man sie zweckmäßig auf ein Brettchen aufkittet und die Säge in zwei Schlitzen führt, so daß sie nicht ausgleiten kann.

Das Ebenschleifen geschieht auf einer matten Glasplatte[1]), welche mit einer konzentrierten Lösung der Substanz oder Öl benetzt ist. Sehr kleine Kriställchen werden dabei zwischen die beiden Hälften eines längs der Achse durchschnittenen Korkes, die durch vier quer durchsteckte Stecknadeln zusammengehalten werden, eingeklemmt.

Muß eine Schleifflüssigkeit benutzt werden, welche die Finger angreift, wie z. B. Alkohol, so streift man Kautschukfinger darüber. Die Politur wird ohne Englischrot lediglich dadurch gemacht, daß man einen feinen Leinwandlappen, den man in der Mitte ein wenig feucht macht, wie oben ausspannt, und nun den Kristall in Epicykloiden unter schwachem Drucke darauf herum, aber bei jedem Umgange über die feuchte Stelle führt. Die Arbeit geht rasch von statten[2]).

b) Fassung von Steinen und Kristallen. Die Fassung durch Überbrücken von weichem Metall wurde schon oben, S. 411, besprochen. Diamant kann einfach mit Zinnlot in die verzinnte Höhlung eines Halters (Fig. 1575) eingekittet werden. Kristallplatten für optische Zwecke werden in Korkscheiben gefaßt, die nur wenig dicker sind als die Kristalle. Zweckmäßig sticht man von weiten gezogenen Messingröhren Ringe von passender Breite auf der Drehbank herunter und paßt die Korkplatten hinein.

Fig. 1575.

Fig. 1576.

Solche Kristallplättchen, die entweder an sich zu dünn und also zu zerbrechlich wären, wie dünne Glimmer- und Gipsplättchen, oder solche, welche an der Luft Feuchtigkeit annehmen oder sich sonst zersetzen und ihre Politur verlieren, wie Salpeter, Zucker, kohlensaures Blei u. dergl., kittet man mittels Kanadabalsam zwischen zwei runde Blättchen von gewöhnlichem dünnen Spiegelglase. Es ist dieses Verfahren aber auch für andere Kristalle zu empfehlen, da es die Durchsichtigkeit derselben wesentlich erhöht und Fehler der Politur ausgleicht. Man bringt dabei zuerst ein Tröpfchen Kanadabalsam auf das eine Glas und legt die Kristallplatte von ihrem Rande an in schiefer Richtung allmählich auf den Tropfen nieder, indem man ihn auseinanderdrückt; dann bringt man ein Tröpfchen Balsam auf den Kristall und macht es jetzt mit der zweiten Glasplatte, wie vorher mit dem Kristall.

Man kann auch kleinere Glasplatten nehmen — runde oder paarweise gleiche viereckige — und in eine Korkscheibe, die so dick ist, als die Glasplatten samt dem Kristalle, eine zu den Platten passende Öffnung schneiden, dann zuerst die eine Glasplatte eindrücken, auf diese den Kristall kitten, und auf diesen und den Kitt die andere Glasplatte in den Kork drücken, wie Fig. 1576 zeigt.

Ist der Kanadabalsam zu dünnflüssig, so dauert es ziemlich lange, bis er fest genug ausgetrocknet ist; ist er aber schon etwas zäher geworden, so muß man die bereits auf die Glasplatten gebrachte Portion vorher gelinde erwärmen. Luftbläschen muß man womöglich vor dem Auflegen des Kristalls durch Beiseiteziehen

---

[1]) Schleifplatten zum Schleifen mit freier Hand von Gußeisen und Glas liefert Fueß zu 12 Mk., einen Kasten von Holz mit Schleifutensilien zu 24 Mk. — [2]) Einen Apparat zum Modellieren von Kristallen aus Gips, Wachs, Holz u. s. w. beschreibt V. Goldschmidt, Zeitschr. f. Krist. 31, 223, 1899.

mit einem spitzigen Hölzchen zu entfernen suchen, oder nach dem Auflegen durch behutsames Drücken bald auf der einen, bald auf der anderen Seite. Ist der Balsam ganz eingetrocknet, so kann man denselben durch rektifiziertes Terpentinöl wieder erweichen. Statt Terpentinöl kann man auch zwei Volumenteile Schwefeläther zusetzen; damit gekittete Stücke erhärten sehr schnell. Fig. 1577, Lb 0,65, zeigt ein zum Aufbewahren des Kanadabalsams geeignetes Fläschchen.

Bei Präparaten, die Erhitzung wohl ertragen können, erhitzt man den Kanadabalsam bis zur völligen Verflüchtigung des Lösungsmittels oder verwendet direkt Kanadabalsam ohne Lösungsmittel, indem man ihn auf der Glasplatte schmilzt [1]).

Sind Löcher in harte Steine zu bohren, so verwendet man dazu einen aus gehärtetem, blau angelassenem Stahldraht bestehenden Bohrer, welcher etwa doppelt so lang ist als das Loch tief werden soll. Derselbe ist auch hinten etwas dünner gedreht, damit er sich nicht festreiben und den Stein zersprengen kann. Die vordere Fläche des so entstandenen Kopfes ist entweder ganz eben oder etwas ausgehöhlt. Man versieht ihn mit Diamant Nr. 1 oder 0 und setzt ihn in sehr rasche Rotation. Das Erweitern des Loches erfolgt durch eine Reibahle, die aus einer sehr wenig konischen, weichen Stahlnadel besteht, welche mit Diamant Nr. 2 oder 3 versehen wird. Zum Polieren dient eine ähnlich geformte Messingnadel mit Diamant Nr. 4 oder 5.

Fig. 1577.

i) Elektrische Isolatoren. Geschliffene Gläser, namentlich Glasstäbe oder Glasröhren, finden auch als isolierende Stützen bei elektrischen Apparaten Anwendung.

Das Glas ist aber in seiner Qualität für elektrische Zwecke sehr ungleich und leitet sehr oft die Elektrizität infolge der auf seiner Oberfläche verdichteten Wasserhaut. Gegen diesen Übelstand hilft auf einige Zeit das Erwärmen und das Abreiben mit warmen Tüchern, insbesondere aber Abwaschen mit destilliertem Wasser.

Da die Reinigung der Innenseite von Röhren umständlich ist, zieht man, wo tunlich, massive Glassäulen den Röhren vor. Gemeines grünes Glas — nicht aus weißer Glasmasse durch Kupfer oder Chrom grün gefärbtes — leistet in der Regel die besten Dienste. Doch gibt es auch weißes Glas, welches gut ist, wozu namentlich das böhmische gehört. Ob Glas gut isoliert, zeigt sich, indem man ein gut isoliertes Elektrometer damit berührt.

Sehr gut isolieren französisches Bleiglas und Flintglas [2]).

Boys (1889) empfiehlt als besonders guten Isolator Quarzfäden, erhalten durch Ausziehen von im Knallglasgebläse (ähnlich wie Glas) erweichtem Quarz (zu beziehen von W. C. Heräus in Hanau).

Da, wo es mehr auf dielektrische Festigkeit als gute Isolation ankommt, wird

[1]) Zum Einkitten der zu schleifenden Substanzen (insbesondere auch zum Kitten von Dünnschliffen) mit Kanadabalsam liefert Fueß in Steglitz bei Berlin ein besonderes Kittkästchen, (Fig. 1567 rechts) mit Thermometer, Spirituslampe mit regulierbarem Docht und Pinzette, zu 18 Mk. — [2]) Zu beziehen von Desaga in Heidelberg, Warmbrunn, Quilitz u. Co. in Berlin, Schott u. Gen., Glaswerk, Jena und Molineaux, Webb u. Co., Manchester. Primke (1877) fand die Zusammensetzung eines ausgezeichnet isolierenden Glases gleich 58,77 SiO_2; 9,28 K_2O; 3,77 Na_2O; 28,18 PbO. Dasselbe würde zu erhalten sein durch Zusammenschmelzen von: Bergkristall 10000, Kalihydrat 1880, Natronhydrat 830, Mennige 4840, Arsenige Säure 18 (alle Substanzen chemisch rein angenommen).

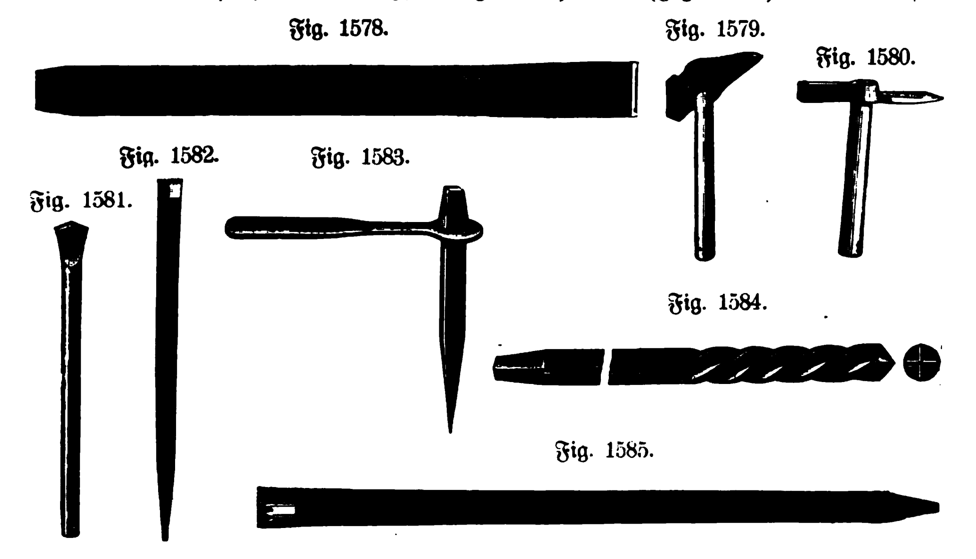
häufig **Glimmer** oder **Mikanit** (durch Verkitten von Glimmerplättchen hergestellt) verwendet [1]).

Meußner (1889) empfiehlt **Speckstein** [2]) als Elektrizitätsquelle. Derselbe diente auch schon in früherer Zeit zuweilen als Elektrophorkuchen. Er läßt sich seiner Weichheit wegen leicht bearbeiten und wird seiner Feuerbeständigkeit wegen namentlich auch viel zu Gasbrennern [3]) verwendet. Durch Glühen wird er hart.

Marmor und **Schiefer** [4]) finden ausgedehnte Anwendung zum Aufmontieren von Widerständen, Schaltapparaten u. s. w. Auch sie lassen sich leicht sägen und bohren.

k) **Steinhauer- und Maurerarbeiten.** Seltener vorkommende Arbeiten sind die Steinhauerarbeiten, wozu in bekannter Weise **Hammer** und **Meißel** (Fig. 1578) verwendet werden, eventuell auch Hämmer mit meißelartiger Finne, wie sie die Fig. 1579 und 1580 zeigen.

Zum Löcherbohren dienen sogen. **Steinmeißel** von der Form Fig. 1581, 1582 und 1583 oder solche mit **kreuzförmiger Schneide** (Fig. 1584) und am besten

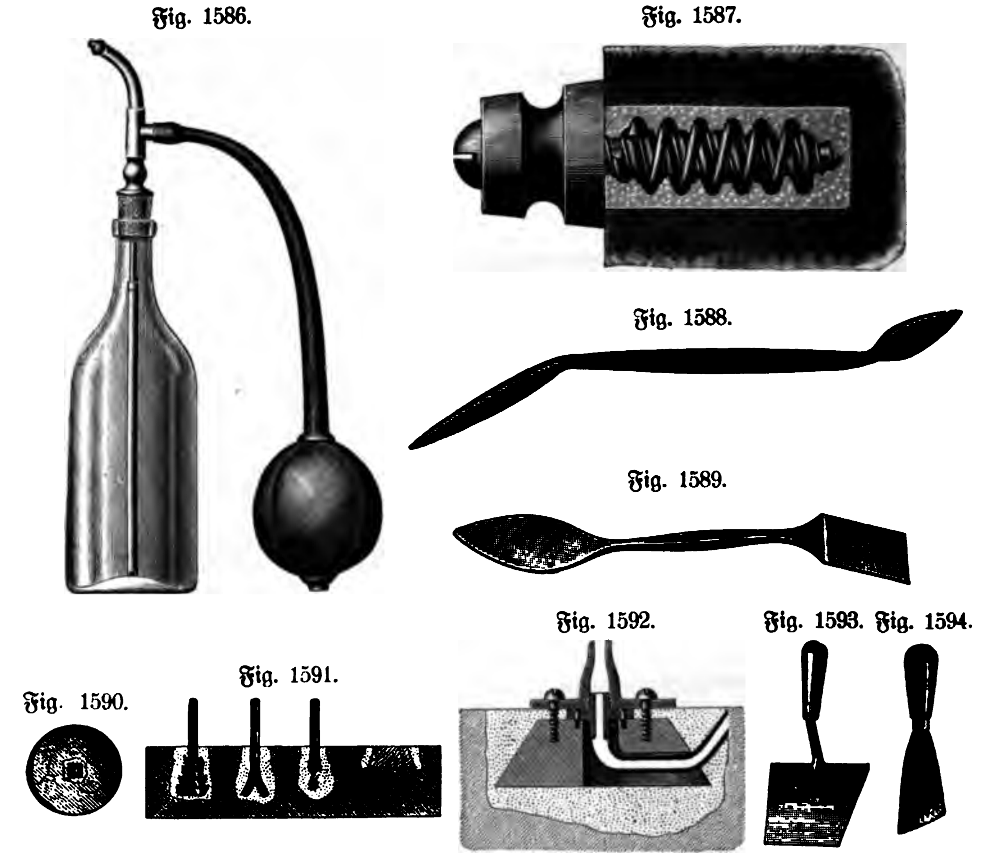

Fig. 1578. Fig. 1579. Fig. 1580. Fig. 1581. Fig. 1582. Fig. 1583. Fig. 1584. Fig. 1585.

die sogen. **Kronenbohrer** (Fig. 1585), welche hohl und am Rande wie eine Säge gezahnt sind (Fig. 1582) [5]).

---

[1]) Solcher ist zu beziehen von **Fischer u. Co.**, Glimmerplattenfabrik, Mainz; **Jaroslaws**, erste Glimmerwarenfabrik, Berlin-Friedenau; **Meirowsky u. Co.**, Köln-Ehrenfeld; **Landsberg und Ollendorf**, Frankfurter Glimmerwarenfabrik, Frankfurt a. M.-Bockenheim; **Haenig u. Co.**, Mannheim (Baden) 6, 17 B; **C. A. Koch**, Glimmerimport, Frankfurt a. M. 10; **Wilh. Schulze**, Berlin S., Admiralstr. 36; **J. Aschheim**, Berliner Glimmerwarenfabrik, Berlin SO., Manteuffelstr. 39, u. a. — [2]) Zu beziehen von **Jean Stadelmann u. Co.**, Specksteinfabrik, Nürnberg, Untere Turnstr. 10. — [3]) Zu beziehen von **Jean Stadelmann u. Co.**, Speckstein-Gasbrennerfabrik, Nürnberg. — [4]) Schieferplatten liefern **Drittler u. Erlanger**, Nürnberg; Kölnische Schieferplattenfabrik **J. Hegmanns**, Köln; Herzogl. **Griffelbrüche** in Steinach (Thüringen); **G. A. Wernicke**, Schieferplattenfabrik, Berlin NW., Habsburgerufer 2 (eisenfreier Sch.) u. a. Marmorplatten liefern **Rupp u. Möller** in Karlsruhe, Durlacherallee; Aktiengesellschaft für Marmorindustrie **Kiefer**, Berlin W., Groß-Görschenstr.; Marmor-, Granit- und Sandsteinwerke **Ochs u. Co.**, Dortmund u. a. — [5]) Zu beziehen von **Hommel** in Mainz und **Böffinger u. Schäfer**, Frankfurt a. M., Weserstr. 17, Steinbohrer mit spiraligen Nuten liefert **Ed. Dünkelberg**, Berlin, Wallstr. 12.

Zum Einkitten metallener Achsen, hölzerner Dübel[1]), Fundamentschrauben und dergl. in Steine, wie die Fig. 1590 bis 1592 andeuten, dient gewöhnlich Zement oder Gips, welchen man mit der geeigneten Quantität Wasser zu einem eben noch flüssigen Brei anreibt und dann rasch in das Loch, in welchem der Metallteil bereits provisorisch befestigt wurde, eingießt. Ist die Bohrung horizontal, so bringt man davor eine Schale aus Lehm an, welche das Herauslaufen des Gipsbreies verhindert. Zum Befeuchten des Loches vor dem Einbringen des Gipsbreis eignet sich der Ballonanfeuchter (Fig. 1586), zum Einbringen


Fig. 1586. Fig. 1587. Fig. 1588. Fig. 1589. Fig. 1590. Fig. 1591. Fig. 1592. Fig. 1593. Fig. 1594.

des Breis die Stuckateurkelle (Fig. 1588). (Zu beziehen von J. Boeddinghaus, Düsseldorf speziell für Doppelspiraldübel, Fig. 1587.) Es ist notwendig, abzuwarten, bis völlige Erhärtung eingetreten ist, ehe man die Kittung beansprucht[2]).

Zum Verstreichen der Kitte dienen die in den Fig. 1593, 1594 und 1589 dargestellten Werkzeuge: Kelle, Kittmesser, Spatel u. s. w.

[1]) Stahldübel mit Innengewinde liefert C. Borg, Leipzig, Gerberstr. 19; Doppel-Spiraldübel J. Boeddinger, Düsseldorf, Gerresheimerstr. 109. Patentholzdübel, welche nicht eingegipst zu werden brauchen, liefert Joh. Seibert, Holzwerk in Baumbach (Westerwald). — [2]) Die meisten derartigen Kitte haben die Eigenschaft, sich beim Erstarren etwas auszudehnen, was zwar die Haltbarkeit der Kittung begünstigt, aber leicht bewirkt, daß der Stein gesprengt wird. Die Fabrik technischer Produkte „Atlas-Werke" in Frankfurt a. M. bringt neuerdings unter der Bezeichnung „Atlas-Blei" einen Zement in den Handel, welcher diesen Fehler nicht besitzen soll.

73. Schreinerei und Holzdreherei. a) Die Hobelbank. Wenn genügend Platz zur Verfügung steht, sollte die Schreinerei ebenfalls in einem besonderen Raume untergebracht sein, etwa zwischen mechanischer Werkstatt und Lackierraum; da Hobel- und Sägespäne und der Staub, der mit rohen Brettern hereingebracht wird, nicht in eine Werkstatt für feinere Arbeiten passen[1]). Das wichtigste Gerät, die Hobelbank[2]), zeigt Fig. 1595.

Zur Ergänzung derselben beim Einspannen langer Bretter dienen der Bankknecht, Fig. 1596 und der Fugladenbock, Fig. 1597; beim Einspannen kleiner Gegenstände die Feilkluppe, Fig. 1598. (Zu haben bei H. Hommel, Mainz.)

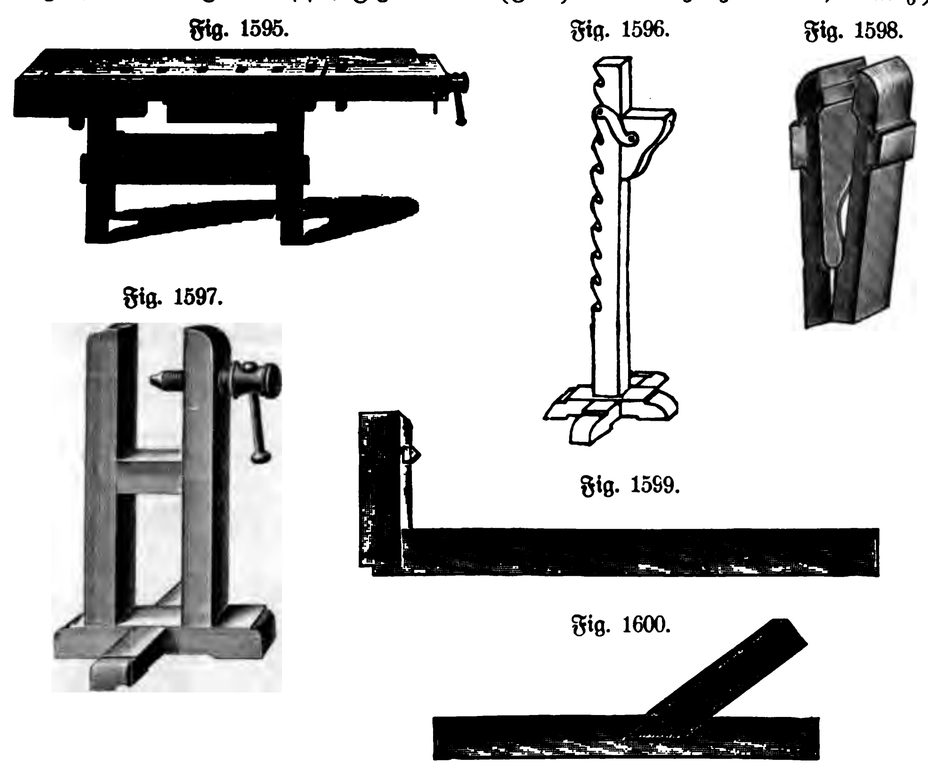


Fig. 1595. Fig. 1596. Fig. 1598. Fig. 1597. Fig. 1599. Fig. 1600.

Zum Vorzeichnen und Messen bei Bearbeitung des Holzes gebraucht man hölzerne Maßstäbe, Lineale, Reißschienen, Zirkel, Winkel (Fig. 1599) (auch große eiserne Zimmermannswinkel), Gehrmaß (Fig. 1600), Schrägmaß (Schmiege) (Fig. 1601), Streichmaß (Fig. 1602), Stellmaß (Fig. 1603), Tiefenmaß (Fig. 1604), Winkelwasserwage (Fig. 1605) u. s. w.

Eins der in erster Linie gebrauchten und notwendigsten Werkzeuge ist die Säge. Bei der gewöhnlichen Handsäge ist das Blatt, wie bekannt, mit zwei

---

[1]) Die meist gebrauchten Holzarten sind: Tannen-, Pappel-, Buchen-, Nußbaum-, Ahorn- und Birnbaumholz. Zum Drechseln eignen sich die drei letztgenannten Holzarten, außerdem Weißbuchen-, Buchsbaum- und Ebenholz. Zur Herstellung von Lagern für rotierende Wellen Pockholz, für Gegenstände, welche naß werden Teakholz (zu beziehen von Herm. Lüttich, Bremen). Über andere Hölzer und die Eigenschaften derselben siehe z. B. Hofmann, Prakt. Werkstattmechanik, S. 39 ff. — [2]) Hobelbänke sind zu beziehen z. B. von H. Belz, Werkzeuggeschäft, Stuttgart.

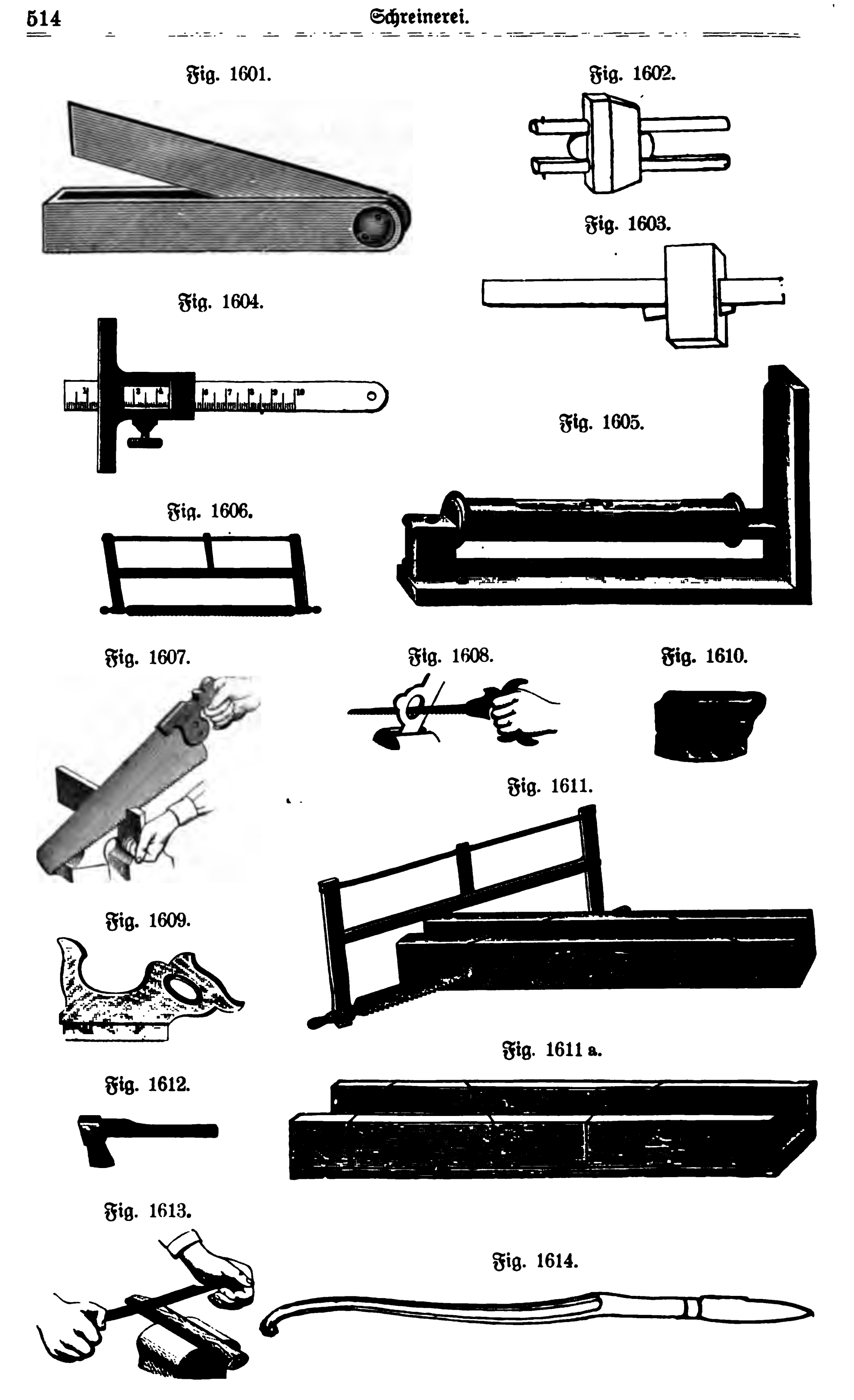


Fig. 1601. Fig. 1602. Fig. 1603. Fig. 1604. Fig. 1605. Fig. 1606. Fig. 1607. Fig. 1608. Fig. 1610. Fig. 1611. Fig. 1609. Fig. 1611 a. Fig. 1612. Fig. 1613. Fig. 1614.

Griffen zum Richten in ein Gestell eingesetzt und durch eine mehrfach gewundene Schnur mit Knebelholz angespannt. Wird die Säge nicht gebraucht, so dreht man den Knebel zurück, da andernfalls, namentlich infolge der Verkürzung bei eintretender Feuchtigkeit, die Schnur leicht reißt. Man gebraucht die Säge so, daß die Zähne beim Stoß, nicht beim Anziehen wirken, wie dies schon bezüglich des Gebrauchs der Metallsäge bemerkt wurde. Mittels der Griffe wird das Sägeblatt so gestellt, daß man beim Sägen mit dem Gestell nirgends anstößt.

Neben der Hand- oder Ortersäge werden gebraucht: die Schweifsäge mit sehr schmalem Blatt, der Fuchsschwanz (Fig. 1607), die Lochsäge (Fig. 1608), Gratsäge (Fig. 1609) und Fourniersäge (Fig. 1610). Zur Führung der Säge bei Sägeschnitten unter 45° dient die Schneidlade (Fig. 1611 a), deren Gebrauch in Fig. 1611 verdeutlicht ist. (Zu beziehen von H. Hommel in Mainz).

Soll ein Brett längs der Fasern zerteilt werden, so kommt man häufig rascher als mit der Säge zum Ziel durch Spalten mit dem Beil (Fig. 1612) oder Keil und nachträgliches Glätten mit dem Schnitz- oder Ziehmesser (Fig. 1613). Dieses hat an jedem Ende einen Griff und wird mittels dieser Griffe so über das eingespannte Holzstück weggezogen, daß sich ein Span ablöst.

Fig. 1615.



Fig. 1616.



Man kann so selbst von hartem Holz recht kräftige Späne abschnitzen und also sehr rasch die gewünschte Form zu stande bringen. Zu beachten ist dabei, daß man niemals gegen die Fasern des Holzes schnitze, da das Messer sich dann nicht mehr lenken läßt, zu tief einschneidet und unregelmäßige Späne absprengt.

Für weniger zugängliche Stellen eignet sich der Schnitzer (Fig. 1614) mit langem Griff, den man gegen die Schulter anstemmt.

Eine besonders nützliche, um nicht zu sagen unentbehrliche Maschine ist die Kreissäge[1]) (Fig. 1615). Sie ermöglicht, mit großer Schnelligkeit Brettchen und Klötzchen genau nach Vorschrift in beliebiger Zahl herzustellen, da der Tisch mit einem verstellbaren Anschlag und Schlitten versehen ist, so daß der Sägeschnitt sich nicht verlaufen kann. Durch Neigen des Tischblattes ist man im stande, Schnitte zu erzeugen, welche nicht durchgehen, also namentlich Nuten einzusägen.

[1]) Eine sehr zweckmäßige kleine Kreissägemaschine ist zu beziehen von J. G. Weisser in St. Georgen, Schwarzwald. Die in Fig. 1615 dargestellte ist zu beziehen von Sonnenthal, Berlin, zu 220 Mk.



Fig. 1617. Fig. 1620. Fig. 1621. Fig. 1622. Fig. 1623. Fig. 1618. Fig. 1619.

Dadurch, daß das Sägeblatt durch zwischengelegte Ringkeile etwas schräg zur Achse gesetzt wird, also beim Umlaufen hin- und herschwingt, hat man ferner die Möglichkeit, Nuten von verschiedener Breite herzustellen. Für sehr breite setzt man zweckmäßig zwei parallele Kreissägen in dem erforderlichen Abstand auf.

Eine andere nützliche Maschine ist die **Laubsägemaschine**[1]) (Fig. 1617).

Zum Zersägen dickerer Klötze dient die **Bandsägemaschine** [Fig. 1618][2]).

---

[1]) Zu beziehen von **Sonnenthal**, Berlin. **Intarsiasägemaschinen** (Fig. 1619) liefert **Martin Salomon**, Langenau (Baden); **Schweifsägemaschinen**: **Voltz u. Winling**, Straßburg i. E. — [2]) Eine **Dekoupiersäge**, Fig. 1616, liefert **C. Bauer** in München, Frauenstr. 19, zu 150 Mk. Es können bis 100 mm starke Hölzer darauf geschnitten werden.

Nach der Säge ist das wichtigste Instrument zur Bearbeitung des Holzes der Hobel. Solange das Holz noch rauh ist und grobe Späne wegzunehmen sind, wird zweckmäßig der Schropphobel (Fig. 1620) benutzt, mit einfachem Eisen und schwach bogenförmiger Schneide. Das Glätten erfolgt alsdann mit dem Schlichthobel (Fig. 1621), dessen Eisen durch ein zweites in umgekehrter Lage darauf gelegtes (Fig. 1622) verhindert wird, große Späne abzunehmen. Bequem zum genauen Richten von Flächen ist ferner die sogen. Rauhbank (Fig. 1623) mit sehr langem Kasten.

Vielfach gebraucht beim Einarbeiten von Fugen und Nuten werden der Simshobel (Fig. 1624) und der Nuthobel (Fig. 1625). Der Rundhobel (Fig. 1626) dient zum Einhobeln von Hohlkehlen, der Fassonhobel (Fig. 1627) zur Herstellung beliebig fassonierter Ränder, z. B. an Fußplatten von Apparaten. Fig. 1628 zeigt einen einfachen Kurvenhobel, Fig. 1629 einen Kurvenhobel mit

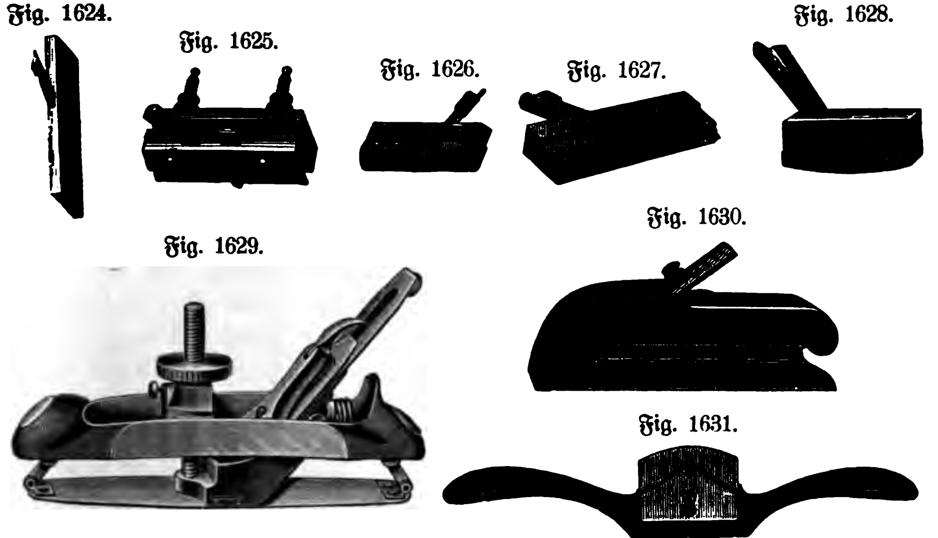


Fig. 1624. Fig. 1625. Fig. 1626. Fig. 1627. Fig. 1628.

Fig. 1629. Fig. 1630. Fig. 1631.

verstellbarer Krümmung, Fig. 1630 einen Bullnasesimshobel und Fig. 1631 einen Schabhobel, deren Gebrauch sich von selbst ergibt [1]).

Sind die Späne, die der Hobel abnimmt, zu fein, so treibt man das Eisen durch leichte Hammerschläge etwas tiefer, sind sie zu groß, so muß das Eisen zurückgetrieben werden, indem man einige kräftige Schläge auf das hintere Ende des Hobelkastens gibt. Sind die Späne auf beiden Seiten ungleichmäßig dick, so steht das Eisen schief, sind die Späne rauh, so schneidet das Eisen nicht genügend, wird das Arbeitsstück nicht glatt sondern streifig, so hat das Hobeleisen Scharten.

Sorgfältig ist darauf zu achten, daß in dem abzuhobelnden Holzstück sich keine abgebrochenen oder tief eingetriebenen Nägel befinden, welche das Hobeleisen beschädigen würden. Lassen sich solche nicht entfernen, so schlägt man sie mittels eines aufgesetzten Stahlstäbchens (Durchschlag) und Hammer so tief ein, daß sie vom Hobel nicht mehr erreicht werden können und füllt nachträglich die entstandene Vertiefung mit Glaserkitt aus.

[1]) Eine große Auswahl verschiedenartiger Hobel enthält die Preisliste von Böffinger u. Schäfer, Werkzeughandlung, Frankfurt a. M., Weserstr. 17. Holzhobelmaschinen liefern Kirchner u. Co., Leipzig.

Um die abgehobelte Fläche noch völlig zu glätten, überreibt man sie mit Glaspapier oder überschabt sie mit der Ziehklinge (Fig. 1632 und 1633).

Hobelt man über die Hirnseite eines Holzstückes, so wird die Kante, an der der Hobel das Holz verläßt, mit der Raspel oder durch Gegenhobeln etwas abgenommen, da hier andernfalls allzu leicht Späne abreißen.

Manche stark gekrümmte Stellen werden überhaupt mit der Raspel (Fig. 1634 und 1635) ausgearbeitet, eventuell mit Riffelraspeln (Fig. 1636), wenn sie schwer zugänglich sind.

Da die Raspel rauhe Flächen erzeugt, so übergeht man nachträglich die bearbeiteten Stellen noch mit einer Feile bezw. Riffelfeile und schließlich ebenfalls mit Glaspapier.

Zum Schleifen der Hobeleisen dient der Rutscherstein (Fig. 1637) und der Abziehstein.

Zum Löcherbohren werden gewöhnliche Nagelbohrer (Fig. 1638 u. 1639), sowie die Spitzbohrer (Fig. 1640) gebraucht, größere mit Vierkant zum Einspannen in die Bohrwinde versehen; ferner die cylindrischen Löffelbohrer (Fig. 1641), die konischen Ausreiber (Fig. 1642) und die Zentrumbohrer (Fig. 1643). Beim Gebrauch der Zentrumbohrer spannt man das Arbeitsstück in die Hobelbank oder den Schraubstock und zwar so, daß die Rückseite freiliegt, daß man also beobachten kann, wann die Spitze herausdringt. Alsdann unterbricht man die Arbeit, dreht das Arbeitsstück um und bohrt nun von der entgegengesetzten Seite, da andernfalls allzu leicht große Späne abgerissen werden.

Zum Löcherbohren an schwer zugänglichen Stellen dienen Brustleiern mit Kegelradübersetzung oder die Eckbohrwinde[1]) (Fig. 1644).

Bequemer als Zentrumbohrer sind Schneckenbohrer[2]) (Fig. 1645 und 1646), welche mittels eines Stockschlüssels oder Wendeisens, eventuell auch mit der Bohrwinde umgedreht werden.

Sehr zu empfehlen für größere Löcher von geringer Tiefe sind die verstellbaren Zentrumbohrer (Fig. 1647), welche Löcher von beliebiger Größe zwischen $^1/_2$ bis $1^1/_2$ Zoll oder $^7/_8$ bis 3 Zoll zu bohren gestatten.

Der Versenker oder Krauskopf (Fig. 1649) dient zur Herstellung der Vertiefungen für Schraubenköpfe[3]).

Ist ein Loch zu klein oder nicht richtig geformt oder sollen Kanten größerer Löcher gebrochen oder abgerundet werden u. s. w., so gebraucht man die Raspel. Eine halbrunde Raspel ist für die meisten Fälle ausreichend, doch ist zum Erweitern kleiner Löcher eine runde Raspel kaum zu entbehren.

Zum Aussägen größerer unrunder Löcher in der Mitte von Brettstücken dient die Lochsäge und Schlüssellochsäge (Fig. 1650), wobei man, um dieselbe ansetzen zu können, mittels des Zentrumbohrers zunächst ein Loch bohrt. Bei der Anschaffung einer Lochsäge sehe man darauf, daß die Spitzen der Zähne so gerichtet sind, daß der Sägeschnitt wesentlich breiter ausfallen muß, als die Säge dick ist. Ist dies nicht der Fall, so klemmt sich die Säge und das Arbeiten wird sehr mühsam.

---

[1]) Zu beziehen von H. Hommel in Mainz. — [2]) Besonders die Cookes-Bohrer, zu beziehen von Böffinger u. Schäfer, Frankfurt a. M. — [3]) Einen Universalbohrer nach Fig. 1648 liefert C. Bauer in München, Frauenstr. 19, zu 2 bis 8,5 Mk. (5 bis 40 mm Durchmesser). Derselbe dient namentlich zur Herstellung cylindrischer Vertiefungen mit ebenem Boden.

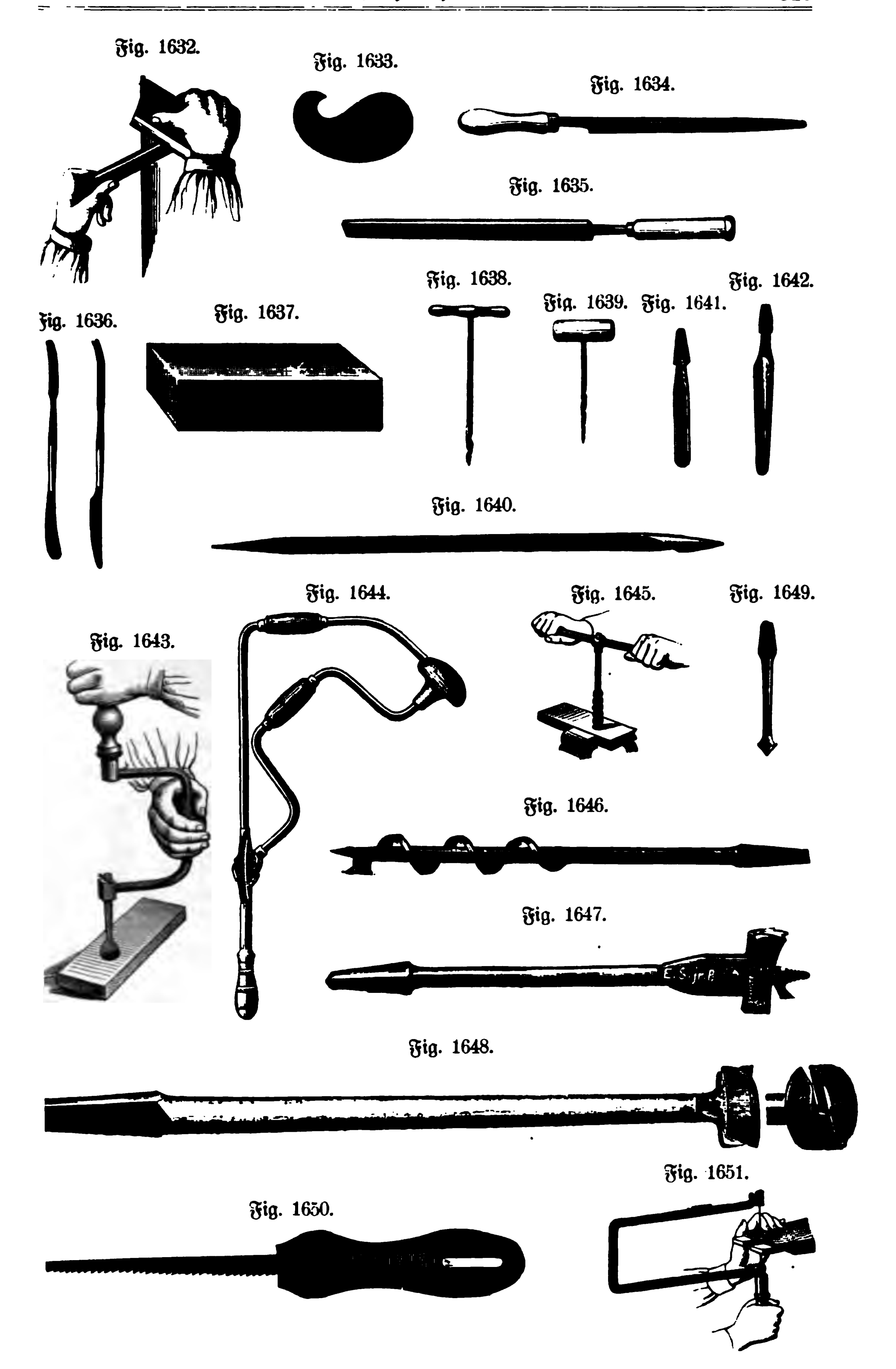


Fig. 1632. Fig. 1633. Fig. 1634. Fig. 1635. Fig. 1636. Fig. 1637. Fig. 1638. Fig. 1639. Fig. 1640. Fig. 1641. Fig. 1642. Fig. 1643. Fig. 1644. Fig. 1645. Fig. 1646. Fig. 1647. Fig. 1648. Fig. 1649. Fig. 1650. Fig. 1651.

Bei sehr dünnen Brettern tritt an Stelle der Lochsäge die *Laubsäge* (Fig. 1651). Man bohrt zunächst mit einer Ahle oder mit dem Drillbohrer ein Loch vor, befestigt das Sägeblatt an einem Ende so in dem Bogen, daß die Zähne nach unten gerichtet sind, steckt es dann durch das Loch durch, spannt den Bogen an und befestigt nun auch das andere Ende. Man muß sich bemühen, während des Sägens das Sägeblatt immer möglichst senkrecht zu dem auszusägenden Brettstück zu halten. Zum Auflegen des Brettstückes dient ein mit Schlitz versehener *Hartholzklotz*, welcher mittels einer Schraubzwinge an dem Tisch befestigt wird.

Zum Ausarbeiten kleinerer viereckiger Löcher, Nuten, Hohlkehlen und dergl. dienen die *Stemmeisen* (Fig. 1652), *Hohleisen* (Fig. 1653), *Kantbeitel* (Fig. 1654), *Stechbeitel* (Fig. 1655), *Fitschenbeitel* (Fig. 1656) und speziell

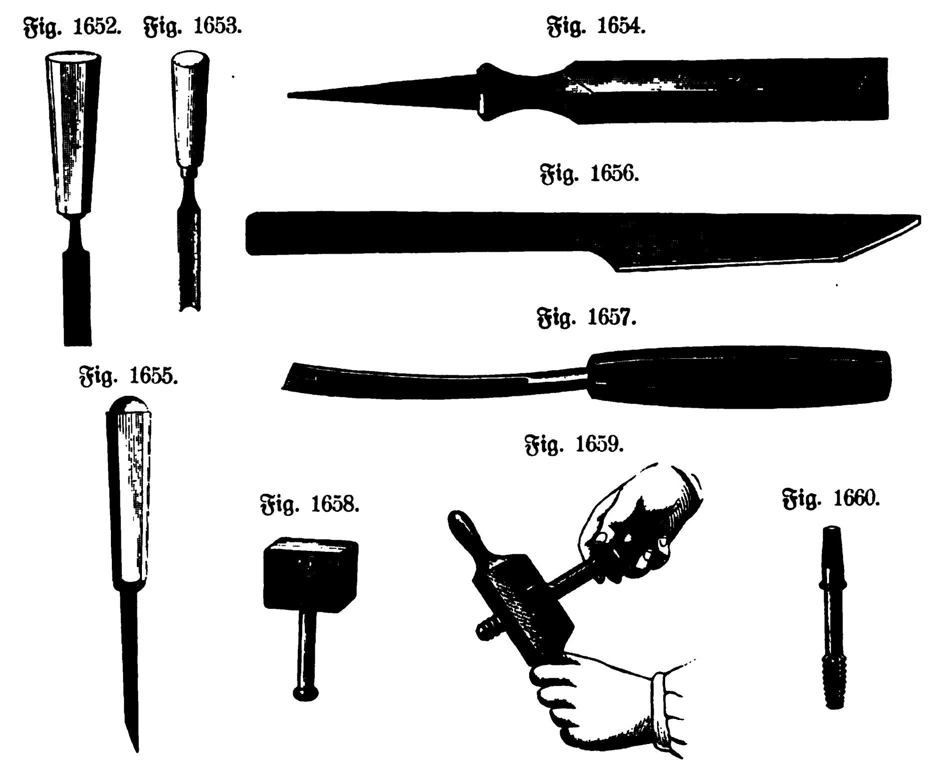


Fig. 1652. Fig. 1653. Fig. 1654. Fig. 1656. Fig. 1657. Fig. 1655. Fig. 1659. Fig. 1658. Fig. 1660.

zur Ausarbeitung scharfkantiger Rinnen der *Geißfuß* (Fig. 1657) mit winkelförmiger Schneide. Von jeder Art sind mehrere Exemplare verschiedener Größe oder ganze Sätze notwendig. Meist genügt für den Gebrauch der Stemmeisen der Druck der Hand, andernfalls verwendet man einen *Holzhammer* oder hölzernen *Schlägel* (Fig. 1658).

Zum Gewindeschneiden wird das *Gewindeschneidzeug* (Fig. 1659) und zum Gewindebohren der *Gewindebohrer* (Fig. 1660) gebraucht und zwar ist für jede Art Gewinde ein besonderes Schneidzeug nebst Bohrer erforderlich.

Neuere Formen von Schneidzeugen sind nicht wie das gezeichnete aus Holz, sondern aus Eisen hergestellt.

b) *Die Drechselbank.* Runde Holzgegenstände kann man zwar auch auf der Metalldrehbank herstellen unter Anwendung messerartig zugeschliffener Stähle,

eventuell mit Benutzung des Supports, doch ist es zweckmäßig, daneben eine besondere Drechselbank zu haben, einesteils um lange Holzstäbe und größere Scheiben und Trommeln abdrehen zu können, für welche die Metalldrehbank zu klein wäre, außerdem aber deshalb, weil die Holzdrehspäne ebenso wie Hobelspäne die Werkstätte verunreinigen und das Aufsuchen kleiner Metallgegenstände und Werkzeuge erschweren[1]). Das Zurichten des Holzes zum Drechseln geschieht gewöhnlich mit Beil und Schnitzmesser.

Das am häufigsten gebrauchte Futter der Drechselbank ist der Dreizack, ein auf die Spindel zu schraubender Kopf, welcher mit drei Spitzen, einer zentralen und zwei seitlichen, versehen ist. Diese drei Spitzen werden in die eine Endfläche des Arbeitsstückes eingestochen und gegen die Mitte der anderen Endfläche die Spitze des Reitnagels angedrückt (Fig. 1662). Letztere muß zur Verminderung der Reibung und der hierdurch bedingten Erhitzung zeitweise geölt werden. Um ein

Fig. 1661.

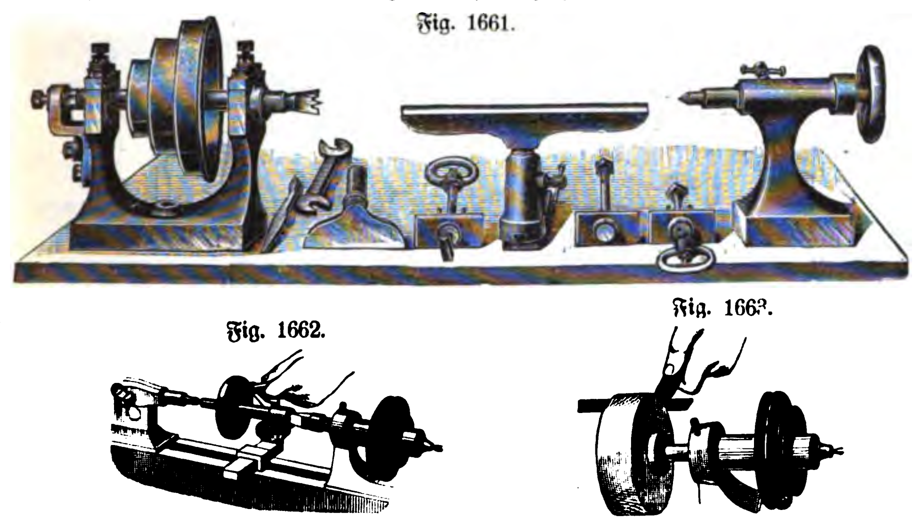


Fig. 1662.

Fig. 1663.

Arbeitsstück, welches aus irgend einem Grunde ausgespannt wurde, sofort wieder richtig zentriert einspannen zu können, sind die beiden seitlichen Spitzen des Dreizacks unsymmetrisch, so daß man leicht erkennen kann, in welche Vertiefung der Endfläche dieselben hineinpassen.

Soll wesentlich die Endfläche eines Gegenstandes bearbeitet werden, so daß es nicht möglich ist, die Spitze des Reitnagels gegen dieselbe anzudrücken, so benutzt man das Schraubenfutter. Dasselbe besteht aus einer starken Holzschraube mit scharfen, tiefen Gewindegängen und einer Ansatzscheibe, welche sie hindert, allzu weit in das aufzuschraubende Objekt einzudringen. Man bohrt in den abzudrehenden Gegenstand zunächst ein entsprechend großes Loch, schraubt denselben auf und befestigt dann das Futter an der Spindel (Fig. 1663).

Ein anderes Futter, welches dem gleichen Zweck dient und ein Anbohren des Gegenstandes unnötig macht, ist das Hohlfutter, d. h. eine starke konische Hülse, welche auf das Ende der Spindel aufgeschraubt werden kann. Man dreht zunächst

[1]) Holzdrehbänke sind zu beziehen zu 150 bis 260 Mk. von E. Sonnenthal, Berlin C., Neue Promenade 6. Derselbe liefert auch Holzdrehbankgarnituren allein und zwar Spindelkasten zu 60 Mk., Reitstock zu 30 bis 40 Mk., Vorlage zu 15 bis 20 Mk. Schwungrad zu 30 bis 40 Mk. (Fig. 1661).

auf dem Dreizack das eine Ende des Gegenstandes so, daß es gerade in diese Hülse einpaßt und treibt es dann (eventuell nach Einreiben mit Kreide) durch einige Hammerschläge in die Hülse ein.

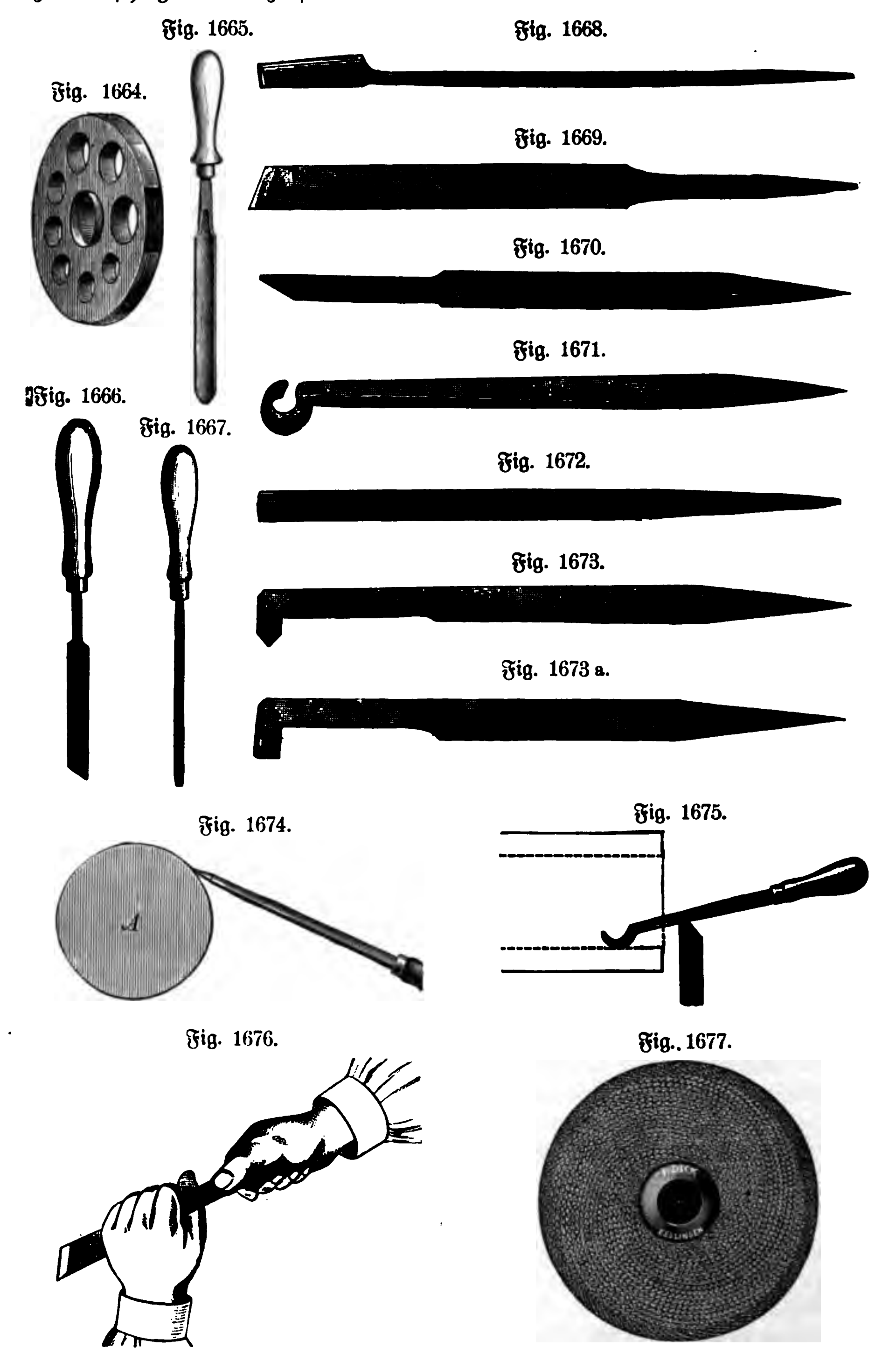


Fig. 1664. Fig. 1665. Fig. 1666. Fig. 1667. Fig. 1668. Fig. 1669. Fig. 1670. Fig. 1671. Fig. 1672. Fig. 1673. Fig. 1673 a. Fig. 1674. Fig. 1675. Fig. 1676. Fig. 1677.

Gegenstände, die innen hohl sind, schiebt man am besten auf ein entsprechend schwach konisch abgedrehtes Stück Hartholz — Dorn genannt — welches mittels einiger Hammerschläge eingetrieben und dann zwischen Dreizack und Reitnagel eingespannt wird.

Abzudrehende Scheiben, welche nicht durchbohrt und auf dem Schraubenfutter befestigt werden können, werden auf eine kleinere, gewöhnlich direkt auf das Ende der Spindel aufgeschraubte plangedrehte Holzscheibe — Kittscheibe — aufgekittet. Solcher Scheiben hält man sich zweckmäßig immer eine größere Anzahl von verschiedenem Durchmesser vorrätig. Die Gewinde werden entweder direkt in das Holz eingeschnitten oder man befestigt das Holz auf einer metallenen Büchse, deren Gewinde dem der Drehbankspindel entspricht, eventuell auch auf der Planscheibe. Als Kitt dient Schellack, dem etwas venetianischer Terpentin zugesetzt wurde. Man bestreicht beide Flächen sehr dünn längs eines Ringes mit dem geschmolzenen Kitt, drückt die zu befestigende Scheibe mit ihrem Mittelpunkt, den man mittels eines Körners markiert hat, gegen die Spitze des Reitnagels, läßt die andere Scheibe rasch umlaufen und schiebt nun den Reitnagel so weit vor, bis beide Scheiben zur Berührung kommen. Die durch Reibung entstehende Wärme ist genügend, die Kitt-



Fig. 1678. Fig. 1679.

schicht zu schmelzen und somit die beiden Scheiben fest zu verbinden. Ist die Scheibe gut aufgekittet, so kann natürlich die Reitstockspitze, die nur zum Zentrieren diente, wieder entfernt werden. Das Loslösen nach beendeter Arbeit geschieht nach Entfernen der Reitstockspitze durch einen kurzen Hammerschlag und Einschieben eines Messers. Infolge der Sprödigkeit des Kittes vollzieht es sich mit Leichtigkeit.

Unter dem Anlauf versteht man eine Scheibe aus hartem Holz mit vielen Löchern von verschiedenem Durchmesser, welche so befestigt wird, daß die Löcher genau in die Spitzenhöhe kommen (Fig. 1664). Die Verwendung entspricht der Lunette beim Metalldrehen.

Von Drehstählen gebraucht man im wesentlichen vier Sorten, nämlich: Röhre, Meißel, Stich-, Ausdrehstahl und Hakenstähle, jede Sorte natürlich in verschiedener Größe. [Fig. 1665 bis 1673 a] [1]).

Der Gebrauch derselben ergibt sich nach Anleitung der Fig. 1674, 1675 und 1676 von selbst [2]).

Die Holzdrehstähle erhalten eine beinahe messerförmige Schneide, jedenfalls nicht über 25° und man läßt dieselben beinahe tangential angreifen. Nur auf Hirnholz verwendet man dieselben Meißel wie auf Messing.

[1]) Zu beziehen von Dick, Werkzeugfabrik in Eßlingen. — [2]) Beispiele gibt Hofmann, Praktische Werkstattmechanik, Wien, Hartleben, 1896, S. 75.

Zweckmäßig ist die Dreh- oder Drechselbank so vorgerichtet, daß auch eine Kreissäge[1]) (Fig. 1678) und eine Laubsäge (Fig. 1679) aufgesetzt werden können.

Auch eine Kreisraspel (Fig. 1677) kann zuweilen nützliche Verwendung finden.

c) Holzverbindungen. Zur Verbindung von Holz mit Holz oder Holz mit Metall werden meist Stifte, Nägel oder Schrauben[2]) (Fig. 1680) gebraucht. Zu dem Schreinerwerkzeug gehören deshalb auch Schreinerhämmer (Fig. 1681) und Beißzangen (Fig. 1682), sowie ein Satz Schraubenzieher[3]) (Fig. 1683), von welchen die größeren zum Einsetzen in die Brustleiern vorgerichtet sind. Bei weichem Holz braucht man gewöhnlich kein Loch vorzubohren, man befettet die Schrauben mit Talg, schlägt sie mit dem Hammer etwas ein, so daß sie von selbst stehen und läßt nun den Schraubenzieher wirken. Zum raschen Eindrehen

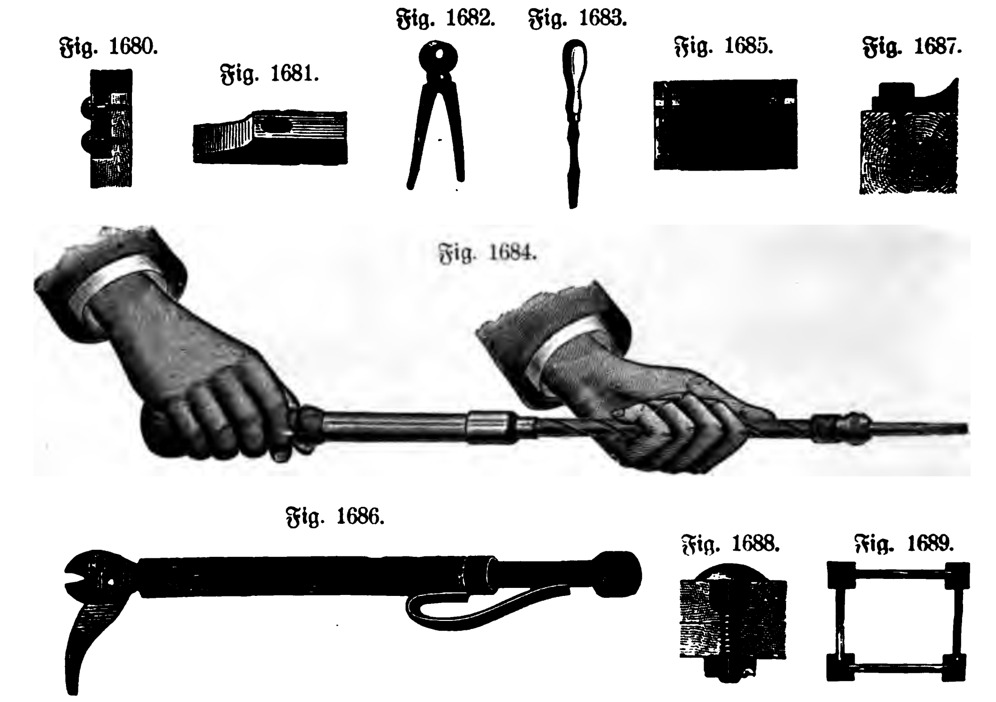


Fig. 1680. Fig. 1681. Fig. 1682. Fig. 1683. Fig. 1685. Fig. 1687. Fig. 1684. Fig. 1686. Fig. 1688. Fig. 1689.

kleiner Schrauben sind im Handel selbsttätige Schraubenzieher (Fig. 1684) zu haben[4]), welche nach Art des Drillbohrers eingerichtet sind, so daß man nur zu drücken braucht, ohne zu drehen[5]).

Soll die Verbindung, wie bei Windkästen und dergl., luftdicht halten, so werden die zu verschraubenden Teile mit weichem Leder beleimt (Fig. 1685).

---

[1]) Einen Tisch für die Kreissägen kann man sich so vorrichten, daß sich derselbe in die Drehbankvorlage einstecken läßt. — [2]) Vierkantige Stifte halten fester als runde. Herminghaus u. Buchholz, Eisenwarenhandlung, Berlin S., Annenstr. 47, liefern Holzschrauben zum Einschlagen. — [3]) Taschenmesser mit Schraubenziehern, Bohrern, Feilen u. s. w. nebst isolierender Hülle aus Hartgummi liefert Dr. Oskar May, Elektr. Bureaux, Frankfurt a. M., Hermannstr. 30. — [4]) Bei H. Hommel in Mainz. — [5]) Bequem sind auch die amerikanischen Rätschenschraubenzieher, welche mit drei verschieden starken auswechselbaren Klingen, rechts und links verstellbar, sowie mit feststehender Arretierung geliefert werden von Böffinger u. Schäfer, Frankfurt a. M.

Um verrostete Schrauben wieder herauszubringen, kann man an den Schraubenzieher einen Feilkloben ansetzen. Hilft dies nicht, so erhitzt man die Schraube durch ein aufgesetztes schwach glühendes Eisenstück. Nägel werden leicht mittels des Kistenöffners oder Nagelziehers (Fig. 1686) entfernt[1]).

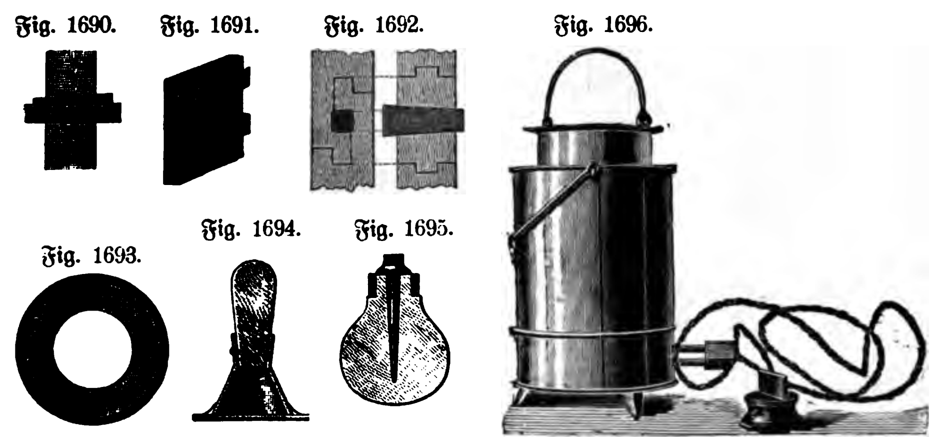
Die größeren sogen. Kopfschrauben (Fig. 1687) dreht man mit dem Schraubenschlüssel ein. Mutterschrauben für Holz (Fig. 1688) haben einen flachen gerundeten Kopf und darunter ein Vierkant, so daß es beim Aufschrauben und Lösen der Mutter nicht wie bei Metallschrauben notwendig ist, den Kopf mit einem zweiten Schlüssel festzuhalten.

Häufig kann eine Verbindung auch einfach durch Einfügen hergestellt werden. So sind die Glastafeln bei Fig. 1689 in Nuten eines Holzgestells eingefügt.

Auch Keilverbindungen, wie sie z. B. die Fig. 1690 bis 1695 zeigen, finden häufig Anwendung.

In den weitaus meisten Fällen erfolgt aber die Verbindung durch Verleimen.

Soll die Verbindung eine dauerhafte sein, so muß der Leim mit hinreichender Sorgfalt behandelt werden. Man legt ihn zunächst etwa 12 Stunden lang in


Fig. 1690. Fig. 1691. Fig. 1692. Fig. 1696.
Fig. 1693. Fig. 1694. Fig. 1695.

Wasser, so daß er zu sehr weicher zitternder Gallerte aufquillt. Nun erhitzt man diese Gallerte ohne Wasserzusatz, aber nicht über freiem Feuer, sondern in einem Wasserbade. Die Leimtöpfe[2]) sind daher zweiteilig konstruiert, der äußere größere Topf wird mit Wasser bis zu geeigneter Höhe gefüllt, der eingehängte innen mit dem Leim. Zuweilen ist auch der innere Topf in zwei Fächer geteilt, eines für starken Leim zum Verbinden kleinerer und eines für dünneren zum Verleimen breiter Flächen. Die zu verleimenden Flächen werden zuvor mittels des Zahnhobels rauh gemacht.

Schon einmal geleimte Stücke kann man nicht wieder leimen, ohne vorher den alten Leim zu entfernen.

Der Leim muß warm aufgetragen werden und zweckmäßig werden auch die zu verbindenden Flächen etwas vorgewärmt. Eine brauchbare Leimfuge muß sehr fein und kaum sichtbar sein. Man bringt deshalb die zu verbindenden Teile sofort

[1]) Der Kopf dient als Hammer, um die Klauen in das Holz einzutreiben, falls die Nagelköpfe tief sitzen. — [2]) Fig. 1696 zeigt einen Leimtopf mit elektrischer Heizung, der besonders bequem ist, da das Abstellen bei zu starkem Kochen und Wiederingangsetzen ohne alle Umstände erfolgen kann. (Zu beziehen von Sonnenthal, Berlin).

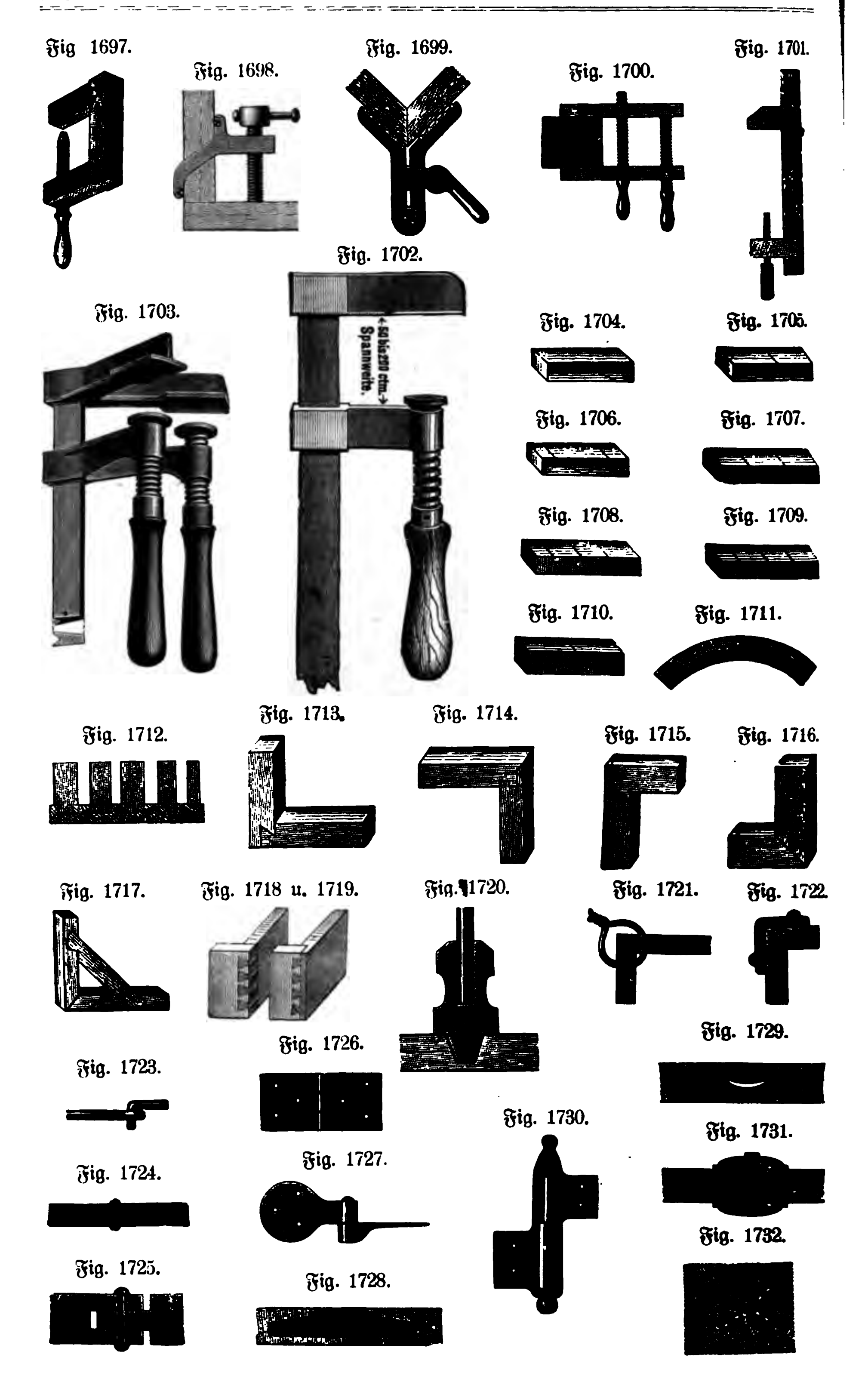


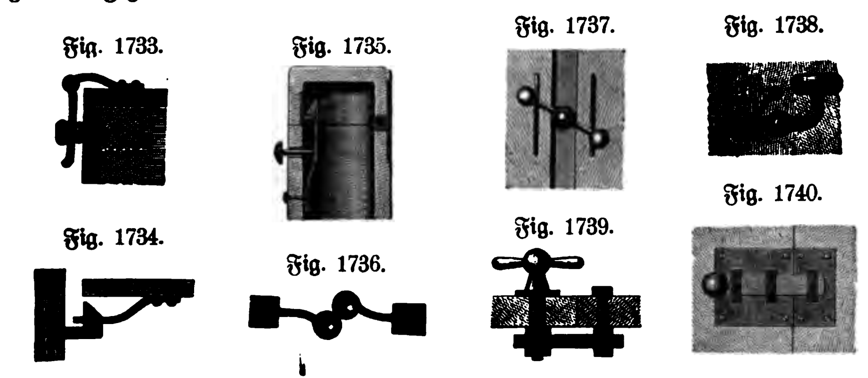
Fig 1697. Fig. 1698. Fig. 1699. Fig. 1700. Fig. 1701. Fig. 1702. Fig. 1703. Fig. 1704. Fig. 1705. Fig. 1706. Fig. 1707. Fig. 1708. Fig. 1709. Fig. 1710. Fig. 1711. Fig. 1712. Fig. 1713. Fig. 1714. Fig. 1715. Fig. 1716. Fig. 1717. Fig. 1718 u. 1719. Fig. 1720. Fig. 1721. Fig. 1722. Fig. 1723. Fig. 1724. Fig. 1725. Fig. 1726. Fig. 1727. Fig. 1728. Fig. 1729. Fig. 1730. Fig. 1731. Fig. 1732.

nach dem Aufstreichen des Leims in eine Presse oder schraubt dieselben mit Hilfe von Schraubzwingen (Fig. 1697 bis 1700), Schraubknechten (Fig. 1701 bis 1703) und dergl. für 24 Stunden fest zusammen [1]).

Sind die zu leimenden Gegenstände der Nässe ausgesetzt, so kocht man starken Leim (8 Tle. Leim auf 32 Tle. Wasser) mit $4^1/_2$ Tln. Leinölfirnis und rührt die Mischung gut durch. Ist die Fuge Licht-durchlässig, so verwendet man Chromatleim, d. h. Leim, der im Dunkeln mit doppeltchromsaurem Kali versetzt wurde. Beim Belichten nach dem Auftragen wird derselbe unlöslich.

Handelt es sich darum, Gegenstände, die der Feuchtigkeit und Nässe ausgesetzt sind, zu verkitten, so benutzt man Käsekitt. Quark (jungem, süßem Käse) wird zunächst heißes Wasser und dann allmählich gepulverter ungelöschter Kalk zugesetzt, bis die Masse die Konsistenz eines zähen Teiges erreicht hat, den man noch warm zur Anwendung bringt.

Beispiele verleimter Holzverbindungen stellen die Fig. 1704 bis 1720 dar; Beispiele beweglicher Verbindungen, mit Bändern oder Scharnieren hergestellt, die Fig. 1721 bis 1731. Verschiedene Formen von Vorreibern, Riegeln und dergl. zeigen die Fig. 1732 bis 1740.


Fig. 1733. Fig. 1735. Fig. 1737. Fig. 1738. Fig. 1740. Fig. 1734. Fig. 1736. Fig. 1739.

d) Kork, Pappe, Leder, Kautschuk. Als Stopfen werden vielfach Korkstöpsel [2]) verwendet, welche also durchbohrt werden und luftdicht schließen müssen. Um letzteres zu erreichen, muß man reine gute Stöpsel haben, die im Detailverkauf beinahe gar nicht zu erhalten sind [3]), indem alle guten Pfropfe an die Fabrikanten von Schaumwein verkauft werden [4]).

Um einen Kork in eine Öffnung einpassen (Fig. 1741) oder sonst in eine beliebige Form zu bringen, schneidet man ihn mit einem guten, sehr scharfen Messer, welches man mehr ziehend als drückend handhabt; meistens wird man aber noch zur Raspel und zuletzt zur Feile greifen müssen.

---

[1]) Holztafeln, welche aus kreuzweise verleimten und stark gepreßten Holzfurnieren bestehen und sich deshalb nicht werfen oder schwinden wie gewöhnliches Holz, sind unter dem Namen Koptoxyl (Preßholz) zu beziehen von der Firma B. Harras in Böhlen, Thüringen. — [2]) S. auch Deutsche Mechanikerzeitung 1898, S. 197. — [3]) Gebrauchte Champagnerpfropfe werden für die Zwecke, um welche es sich hier handelt, wieder vollkommen brauchbar, wenn man sie in Wasser kocht. — [4]) In mannigfachen Formen zu beziehen von Franz Müller (Dr. Geißlers Nachf.) in Bonn (Preis der Stopfen von 9 bis 26 mm Durchmesser 0,25 bis 2,25 Mk. pro 100 Stück). Weitere Bezugsquellen: Beckmann u. Co., Korkfabrik, Lohne in Oldenburg; Merkel, Wwe., Korkfabrik, Raschau im Erzgebirge.

Man läßt den Kork etwas größer als eigentlich nötig und drückt ihn dann mit einer Korkzange[1]) (Korkpresse) (Fig. 1742) zusammen. Auch Hin- und Herrollen unter starkem Druck (z. B. unter dem Fuß, nachdem man Papier herumgewickelt hat, um Beschmutzen zu verhindern) macht den Kork genügend weich.

Um den Kork zu durchlöchern (Fig. 1743 bis 1746), kann man sich eines Korkbohrers bedienen.

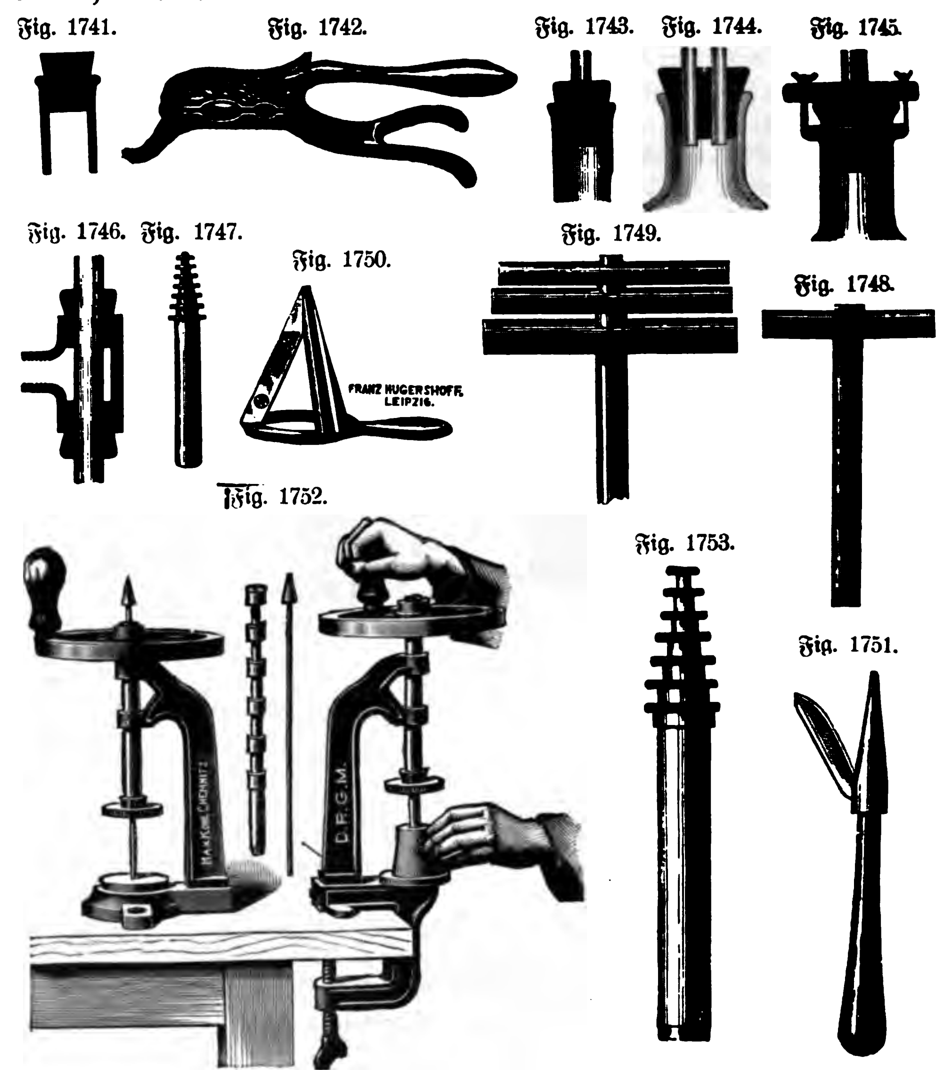


Fig. 1741. Fig. 1742. Fig. 1743. Fig. 1744. Fig. 1745. Fig. 1746. Fig. 1747. Fig. 1750. Fig. 1749. Fig. 1748. Fig. 1752. Fig. 1753. Fig. 1751.

Man bekommt solche aus gezogenen Messingröhren oder Stahlröhren zu kaufen (Fig. 1747, 1748) und zwar in Sätzen, so daß immer das nächst engere gerade in das vorhergehende gesteckt werden kann, wie es Fig. 1749 für drei derselben zeigt. Der untere Rand der Röhrchen wird mit der Schlichtfeile oder einem Korkbohrerschärfer[2]) (Fig. 1751) scharf gemacht. Soll nun ein Kork mit einem Loch

[1]) Zu beziehen von Max Kähler u. Martini, Berlin W., Wilhelmstr. 50 zu 1,50 Mk.; Müller-Uri, Braunschweig, u. a. — [2]) Korkbohrerschärfer nach Fig. 1750 liefert Fr. Hugerhoff, Leipzig, Carolinenstr. 13.

versehen werden, so wählt man das passende Röhrchen aus, setzt den Kork auf den Tisch und drückt das Röhrchen, nachdem man es vorher mit einem Tropfen Öl befeuchtet hat, drehend in denselben; das losgebohrte Stück schiebt sich dabei in das Röhrchen. Ist dieses eng und der Kork etwas lang, so schiebt sich das losgebohrte Stück zuletzt nur schwer in dem Röhrchen weiter, und man drückt den Kork nur zusammen, wodurch das Loch unrein wird. Es ist in einem solchen Falle besser, den Bohrer, nachdem er ein Stück losgebohrt hat, herauszuziehen und das losgebohrte Stück mit dem nächst kleineren Röhrchen aus seiner Höhlung herauszustoßen. Für das kleinste hat man einen dazu passenden Draht vorrätig.

Will man recht feine Löcher in den Kork haben, soll etwa derselbe Stöpsel mehrfach durchbohrt werden, so bohrt man sie zuerst kleiner als sie eigentlich werden sollen und erweitert sie mit einer runden feinen Raspel, deren man zu diesem Zweck mehrere haben muß, welche man nur hierzu verwendet und darum mit den neuen und schon gebrauchten Korken in demselben Behälter aufbewahrt. Sollen die Löcher sehr glatt werden, so verwendet man zuletzt Rundfeilen.

Um die Löcher genau in der Richtung der Achse zu erhalten, kann auch die Vorrichtung Fig. 1752 (K, 25 bis 34) gebraucht werden.

Um Korke luftdicht schließend zu machen, löst man 15 g Gelatine oder guten Leim in 500 g Wasser, setzt dazu 24 g Glycerin und erwärmt auf 44 bis 48°. In dieser warmen Flüssigkeit läßt man die Stöpsel einige Stunden liegen und trocknet sie dann.

Sollen die Korke nicht durch Säuren und andere Chemikalien zerstört werden, so legt man sie einige Zeit in eine auf 40° erwärmte Mischung von 7 Tln. Paraffin und 2 Tln. Vaseline.

Gegen wässerige und ätherische Flüssigkeiten empfiehlt Neumann (1885) eine Lösung von 4 Tln. Gelatine in 52 Tln. kochendem Wasser, nach dem Filtrieren mit 1 Tl. Ammoniumdichromat versetzt. Selbst gute Korkstöpsel vermögen bei Gefäßen mit heißem Äther, Benzol u. s. w. nicht genügend dicht zu halten. Werden sie aber mit der angegebenen Mischung mittels eines Pinsels bestrichen und zwei Tage lang dem Lichte ausgesetzt, so schließen die so gedichteten Stellen vollkommen. Diese Verkittungsmethode dürfte in vielen Fällen von großem Nutzen sein.

Statt Korkstopfen und Korkplatten werden neuerdings auch die aus Korkmehl hergestellten Suberitstopfen und Suberitplatten verwendet.

Das Schneiden von Pappe[1]) führt man soweit tunlich mit Messer und eisernem Lineal aus. Man kann zwar dünne Pappe auch mittels einer starken gewöhnlichen Schere schneiden, dickere mit der Blechschere, doch werden dadurch die Scheren nicht besser und der Schnitt ist nicht sauber[2]). Ferner werden für solche Arbeiten gebraucht: Winkel mit und ohne Anschlag, Schneidzirkel (Fig. 1756 u. 1755), Ausschlageisen (Fig. 1757), Aushauer (Fig. 1759), Ritzer und Stecheisen. Die Tafelschere (Fig. 1760) ermöglicht die rasche Herstellung zahlreicher gleichgroßer rechteckiger oder überhaupt geradlinig begrenzter Stücke[3]).

---

[1]) Preßspäne in allen Größen und Stärken liefert Ed. Eberlin, Dresden N. — [2]) Scheren mit einer gezahnten Schneide, welche den Stoff festhalten, so daß selbst der dickste Stoff damit geschnitten werden kann (Fig. 1754), liefern J. Albert Schmidt, Stahlwarenfabrik in Solingen, Kölnerstr. 35 und Dick in Eßlingen. — [3]) Zu beziehen von W. F. Heim, Maschinenfabrik, Offenbach a. M., Frankfurterstraße 95. Papierrollen für Telegraphenapparate liefern C. Milchsack u. Co., Brohl a. Rh.

Zum Schneiden von Papier dient gewöhnlich die Papierschere (Fig. 1761).
Ist ein einzelnes Blatt mittels des Messers zu beschneiden, was nötig wird, wenn der Schnitt streng geradlinig werden soll, so bedient man sich als Unterlage einer ebenen Glas- oder Zinkplatte. Zum Ausschneiden von Photographien wird nicht

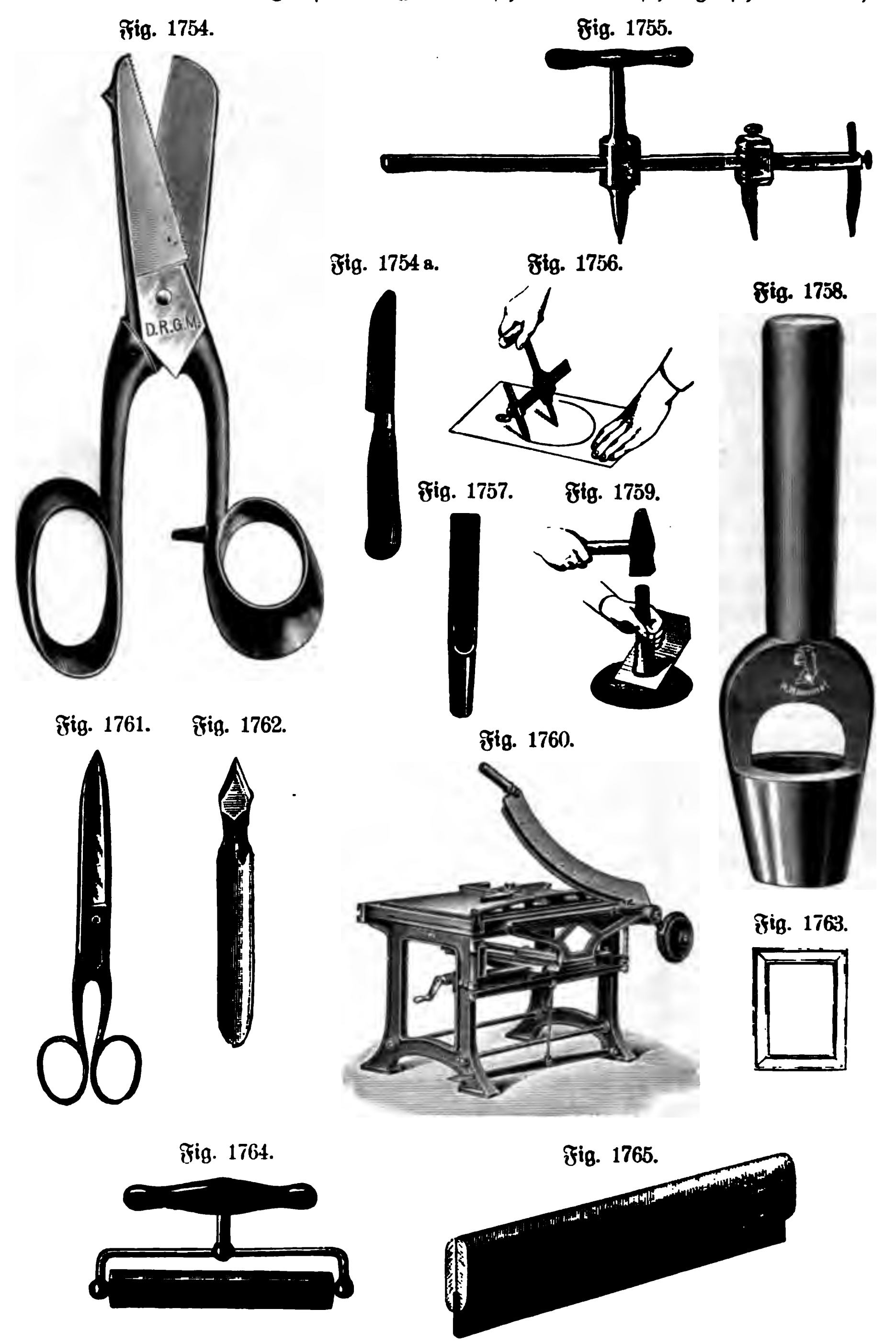


Fig. 1754. Fig. 1755. Fig. 1754 a. Fig. 1756. Fig. 1758. Fig. 1757. Fig. 1759. Fig. 1761. Fig. 1762. Fig. 1760. Fig. 1763. Fig. 1764. Fig. 1765.

selten auch ein kleines in passendem Griff befestigtes Stahlrädchen mit scharf geschliffener Kante benutzt, ein sogenannter Stahltrimmer. Auch Trimmer von der Form gewöhnlicher Stahlfedern (Fig. 1762) sind in Gebrauch[1]).

Um viele Blätter gleichzeitig zu beschneiden, spannt man sie in einer Presse dicht zusammen und bearbeitet die Schnittfläche, falls sie nicht hinreichend glatt sein sollte, mit einem Hobel (oder einer Feile).

Zum Zusammenkleben dicker Pappstücke (Fig. 1763) dient gewöhnlicher starker Tischlerleim, zum Überziehen mit Papier Kleister. Letzterer wird in der Weise bereitet, daß man Stärke mit etwas kaltem Wasser in einer Reibschale zu Brei zusammen reibt und dann unter beständigem Umrühren heißes Wasser in ganz dünnem Strahle zugibt, bis die Konsistenz die richtige geworden. Man macht immer nur so viel an, als man gebraucht, da er beim Aufbewahren sauer wird und verdirbt. Der Pinsel zum Aufstreichen muß recht groß genommen werden, da mit kleinem Pinsel keine gleichmäßige Schicht zu erzielen ist. Zum Glattstreichen dient entweder ein Leinwandlappen oder bei kleineren Objekten (Photographien) ein Gummiquetscher (Fig. 1764 u. 1765).

Bei sehr großen Flächen (Tapeten) benutzt man sowohl zum Auftragen des Kleisters, wie zum Glattstreichen eine Bürste.

In photographischen Handlungen sind übrigens fertig präparierte haltbare Kleister verschiedener Art zu bekommen (z. B. in Tuben), ferner finden auch flüssiger Leim und arabischer Gummi mannigfache Anwendung.

Zum Herstellen von gummiertem Papier mischt man 16 Tle. Leim, 8 Tle. Kandiszucker, 3 Tle. arabischen Gummi und 32 Tle. Wasser.

Wollte man etwa eine Tabelle, Zeichnung oder dergl. aufziehen, so hätte man die Papptafel zunächst zu rändern, d. h. man schneidet Streifen aus farbigem Papier, um die Ränder zu überkleben. Man bestreicht einen solchen Streifen mit Kleister, legt die Papptafel so darauf, daß eine Kante die Mittellinie des Streifens bildet, schneidet dann die vorstehenden Enden unter 45° ab, so daß die Schnittlinien etwa 2 mm von den Ecken entfernt vorbeigehen und sich somit zwei symmetrisch liegende Spitzen an der bereits angeklebten Hälfte des Streifens bilden. Nun drückt man mittels der beiden Daumen diese Spitzen auf die andere Seite der Papptafel über und wendet letztere um, derart, daß der zu überziehende Rand fest auf den Tisch gestützt bleibt. Auf diese Weise wird die vorstehende Hälfte des Papierstreifens glatt umgelegt und auf der anderen Seite der Papptafel angeklebt. Man legt dann ein Blatt Papier um den überzogenen Rand und streicht nochmals mittels eines Tuches fest an. Das Blatt Papier ist nötig, damit nicht etwa durch vorquellenden Kleister das Tuch und damit spätere Arbeiten beschmutzt werden, auch damit nicht beim Streichen mit dem Tuche der aufgeklebte Papierstreifen an einer Stelle losgerissen werde. So beklebt man zunächst die beiden langen Seiten, dann die beiden kurzen. Bei letzteren werden die Streifen so zugeschnitten, daß die Schnittränder nach dem Aufkleben diagonal verlaufen. Nunmehr bestreicht man das aufzuklebende Papierblatt von der Mitte nach den Rändern zu mit Kleister, indem man dabei, um den Tisch nicht zu beschmutzen, ein Stück Zeitungs- oder Packpapier als Unterlage benutzt. Ist die Kleisterschicht gleichmäßig geworden, so legt man es auf die Papptafel auf, verschiebt es so, bis die farbigen Ränder überall gleich-

[1]) Zu beziehen von Glock in Karlsruhe.

mäßig vorstehen, legt dann ein Blatt Makulaturpapier darüber und streicht mit beiden Händen oder mit dem Tuche fest. Ebenso beklebt man die Rückseite der Papptafel mit einem gleichstarken Papier, da sie sich sonst nach dem Trocknen werfen würde.

Kleine viereckige Schachteln aus Pappe, sogenannte Mineralienkästchen, werden in folgender Art hergestellt. Man überzieht zunächst ein Stück Pappe auf beiden Seiten mit weißem Papier und schneidet daraus viereckige Stücke von solcher Größe, daß nach Ausschneiden der vier Ecken und Aufbiegen der Ränder daraus das Kästchen in gewünschter Größe sich bildet. Um nun die Ränder aufbiegen zu können, ritzt man die Pappe auf der Seite, die beim Umbiegen die äußere werden soll, bis zur Hälfte ein. Damit die Ränder gleichmäßige Breite erhalten, muß man sich die Linien, längs welchen geritzt werden soll, genau vorzeichnen, oder man muß ähnlich, wie dies bei sehr vielen mechanischen Arbeiten gemacht wird, einen Anschlag anbringen. Man befestigt einen glatt abgeschnittenen Pappstreifen mittels zweier feiner Nägel auf dem Tisch, schiebt die zu ritzende Pappe gegen denselben vor, bis sie daran anschlägt, legt nun das Lineal auf, unterstützt es an beiden Enden durch wenig dickere Pappstücke und nagelt es an diesen Enden ebenfalls fest. Hat man nun einen Rand der Papptafel eingeritzt, so schiebt man den folgenden bis zum

Fig. 1766.



Fig. 1767.

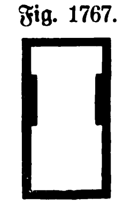


Fig. 1768.



Anschlag vor, ritzt wieder, dann den dritten u. s. f. Das Lineal braucht, weil in richtiger Stellung festgenagelt, nicht mehr gerichtet zu werden, alle Ränder werden von selbst in gleicher Breite eingeritzt [1]).

Hat man nun die quadratischen Eckstücke ausgebrochen und die Ränder umgebogen, so verbindet man die letzteren durch Streifen von gummiertem Papier, welches man wie Briefmarken befeuchtet und überklebt. Endlich schneidet man einen Streifen von hellgrünem Glanzpapier 1 cm breiter als die Ränder des Kästchens und $^1/_2$ cm länger, als der Umfang desselben. Nachdem derselbe mit Kleister bestrichen, legt man ihn derart um die Seiten des Kästchens herum, daß er $^1/_2$ cm oben und unten vorsteht und das eine Ende 1 mm von einer Eckkante entfernt ist. Das andere Ende schiebt man schließlich unter dieses zuerst angeklebte unter, nachdem man es zu diesem Zweck wieder gelöst hat. Alsdann wird der oben vorstehende Rand, ohne etwa die Ecken einzuschneiden, nach innen umgelegt und mit dem Falzbein festgerieben, hierauf der untere Rand umgelegt, angedrückt und zuletzt der bleibende Überschuß an den Ecken mit der Schere abgeschnitten.

Wäre ein Kästchen mit Deckel herzustellen, so würde man in gleicher Weise zwei Kästchen von gleicher Breite und Länge, aber ungleicher Höhe her-

[1]) Durch solche einfache, immer auf dem gleichen Prinzip beruhende Kunstgriffe wird von Handwerkern sehr häufig die den Unkundigen verblüffende Regelmäßigkeit der Erzeugnisse bewirkt, von welchen man glaubt, daß sie mit irgend einer komplizierten Maschine angefertigt seien oder eine ungemein hohe Geschicklichkeit und Übung des Arbeiters verlangen. Fertige Schachteln verschiedener Art, Fig. 1766, liefert Fr. Hugershoff, Leipzig, Carolinenstr. 13.

stellen, von welchen das niedrigere als Deckel dienen soll. In den Unterteil wird dann ein genau passendes Rähmchen aus weiß überzogener Pappe eingeklebt (Fig. 1767), welches den Hals bildet, auf den der Deckel übergeschoben wird. Runde oder vieleckige, sehr lange Büchsen verfertigt man in ähnlicher Weise, doch bildet man Boden und Seitenteile nicht aus einem Stück, sondern nur die Seitenteile und schiebt nachträglich den Boden ein. Wo möglich, klebt man sie über einem passenden Modell aus Holz zusammen.

Zur Herstellung von Papierteig wird altes Schreibpapier zerkleinert, in Wasser aufgeweicht, im Mörser zu Brei zerstoßen, alsdann in Leinwand gesammelt, ausgepreßt und getrocknet. Die so erhaltenen Klumpen werden dann mittels eines Reibeisens zerrieben, mit Kleister und Leimwasser vermischt, mit gepulverter Kreide oder feingesiebter Holzasche versetzt und gut durchgeknetet.

Zur Formierung dienen gefettete Formen aus Holz oder Gips, die man in den Teig einpreßt. Man läßt die Gegenstände zunächst an der Luft trocknen, tränkt sie dann mit Leinölfirnis und erhitzt nun in einem Thermostaten, bis sie braun und hart werden. Die völlige Ausarbeitung geschieht mit der Feile und auf der Drehbank [1].

Auch dadurch, daß man geölte Modelle in immer wachsender Schicht mit Papier beklebt, lassen sich ähnliche Gegenstände herstellen. Wäre z. B. eine Kugel zu verfertigen, so würde man ein hölzernes Modell zunächst mit Fett oder Seife bestreichen, dann mit Papierstreifen überziehen, welche beiderseits zugespitzt sind und der Länge nach einem halben größten Kreis gleichkommen, und immer mehr Streifen, eventuell auch eingeweichte Pappe aufkleben, bis die gewünschte Stärke der Schicht erreicht ist. Nach dem Trocknen glättet man dann die Oberfläche durch Abfeilen und Abschleifen, schneidet längs eines größten Kreises durch, nimmt das Modell heraus und klebt nun die beiden Hälften mit zähem Leim wieder zusammen (Fig. 1768).

Vielfach wird besonders feine Pappe, sogenannter Preßspahn, zu Isolationszwecken benutzt [2].

Zu Isolationszwecken benutzt man ferner häufig paraffiniertes oder gefirnißtes Papier (siehe bei Firnissen) oder nach E. Thomson Papier mit Natronwasserglas getränkt.

Excelsior-Isolierleinen und Isolierpapiere liefern Meirowsky u. Co. in Köln-Ehrenfeld [3].

Als schlechte Wärmeleiter und Schutz gegen Hitze finden Asbestpappe und Asbestpapier Anwendung [4].

Zum Schutz gegen Strahlung können sogenannte Metallpapiere [5]) und Stanniol gebraucht werden, ebenso zur Herstellung dünner leitender Belegungen,

---

[1]) Isolit ist eine mit Teer getränkte Papiermasse, welche zu Isolationszwecken dient. — [2]) Solcher ist zu beziehen von Ed. Eberlein in Dresden-N.; H. Weidmann, Rapperswyl (Schweiz); Rade u. Co., Fabrikgesch., Sänitz, Ob.-L., Pr.-Schl.; Keller u. Schmidt, Wildenau b. Schwarzenberg i. S. — [3]) Isolierpapierrollen liefern O. Milchsack u. Co., Brohl a. Rh. — [4]) Zu beziehen von J. Wilfert in Köln; H. Weidmann in Rapperswyl; Ladewig u. Co., Rathenow b. Berlin, u. a. Alfred Calmon, Asbest- u. Gummiwerke, Akt.-Ges. Hamburg, liefert Asbestschiefer. Die Pahlsche Gummi- u. Asbest-Gesellschaft, Düsseldorf-Rath, Polypyrit. — [5]) D. h. Papiere, welche galvanisch mit einem dünnen polierten Metallüberzug versehen werden. Dieselben können auch zu Stopfbüchsenpackungen unter Umständen mit Vorteil Verwendung finden. Solche sind zu beziehen von der Galvanischen Metallpapierfabrik, Akt.-Ges., Berlin N. 39 (vorm. Rey u. Endruweit, Metallpapierfabrik in Berlin, Dresdenerstr. 65) u. a.

z. B. bei Leydener Flaschen. Zum Aufkleben von Stanniol dient Kleister oder Firnis. Haben sich Luftblasen gebildet, so sticht man mit einer Nadel hinein, um der Luft einen Ausweg zu schaffen.

Um Papierbilder unter Glas einzurahmen legt man einen Pappdeckel dahinter und befestigt diesen durch kleine Stifte (Fig. 1769).

Zum Zusammenleimen von Pergamentpapier, welches in Wasser z. B. für Dialyse gebraucht werden soll, kann man Leim nehmen, dem im Dunkeln Kalibichromat zugesetzt wurde, sogenannten Chromatleim. Derselbe wird im Dunkeln aufgetragen, am Lichte verliert er dann seine Löslichkeit in Wasser. Huizinga (1878) empfiehlt eine Vermischung der Lösungen von 10 g Gelatine in 50 g Wasser und von 0,5 g Kalibichromat in 10 g Wasser.

Soll Tuch auf Metall geleimt werden, so tränkt man dasselbe mit verdünntem Galläpfelaufguß, drückt es aus und drückt es noch feucht auf das erwärmte mit Leim bestrichene Metall. Zu gleichem Zwecke dient Ascherscher Zementkitt, eine dickflüssige Schellacklösung in Alkohol, oder Leim mit Zusatz von 1/6 bis 1/4 venetianischem Terpentin.

Noch bequemer ist das Syndetikon[1]).

Vorzüglich ist auch Hausenblasenleim, welchen man sich bereitet, indem man 4 bis 8 Tle. zerschnittene oder zerstoßene Hausenblase 24 Stunden lang in 100 Tln. Wasser aufweicht, dann in einer Reibschale zerquetscht und bei mäßigem Erhitzen 1/2 Stunde lang unter Ersetzung des verdampften Wassers kocht. Der Leim wird heiß filtriert. Wenn mehr bereitet als gebraucht wurde, so legt man die gesulzte Masse zum Trocknen auf Papier; solcher Leim wird bei späterem Gebrauche zerstoßen und in der erforderlichen Menge Wassers langsam aufgekocht.

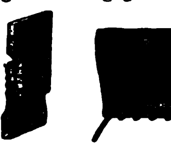


Fig. 1769. Fig. 1770. Fig. 1771.

Papier, Tuch u. dergl. lassen sich in gewissem Grade, im feuchten Zustande namentlich, mit erwärmten Eisen (Bügeleisen) drücken oder glätten. Sammet wird nicht gebügelt, sondern mit der nicht behaarten Seite über die gewölbte Fläche eines Bügeleisens gestrichen.

Das Zusammennähen erfolgt entweder durch Steppstich (Fig. 1770) oder Überwindlingsstich (Fig. 1771).

Ein Material, ähnlich der Pappe, indes sehr gleichmäßig und leicht zu bearbeiten, ist Vulkanfiber. Sie widersteht einem hohen Hitzegrade, der Einwirkung des kalten wie warmen Wassers, den Ölen, Fetten, Petroleum, Naphtha, Alkohol und vielen anderen chemischen Stoffen, welche Leder, Kautschuk und Metalle zerstören. Auch von Säuren wird sie nur in geringem Maße angegriffen. Sie läßt sich leicht mit Säge und Feile, sowie auf der Drehbank bearbeiten und wird in einer harten und einer weichen Modifikation geliefert. Die Drehstähle zum Abdrehen von Vulkanfiber müssen etwa wie für Gußeisen beschaffen sein. Holzdrehstähle sind nicht geeignet.

Die flexible Vulkanfiber eignet sich zu Ventilklappen, Dichtungsringen, Friktionsscheiben, Achsenringen, Schmierbüchsendeckeln u. dergl. Die harte

[1]) Zu beziehen von Otto Ring u. Co., Syndetikonfabrik, Friedenau b. Berlin, Fregestraße 51.

Vulkanfiber wird in roter, grauweißer und schwarzer Farbe geliefert in Tafeln von etwa 1,60 × 1,06 m und jeder Dicke von $^1/_4$ bis 34 mm und in Stäben von quadratischem oder rundem Querschnitt, ebenfalls bis 34 mm Durchmesser. Ferner werden auch Röhren von 10 bis 63 mm äußerem und 7 bis 50 mm innerem Durchmesser geliefert [1]).

Dichtungsringe und Manschetten können, wie die Fig. 1772 bis 1776 andeuten, aus Leder hergestellt werden, wenn stärkere Erwärmung des Apparates ausgeschlossen ist.

Um hierzu das Leder zu deformieren, wird es in Wasser eingeweicht, über ein Modell gespannt und darauf bis zum Trocknen belassen.

Zum Abschneiden des Leders, Abschrägen desselben u. s. w. dient das Sattlermesser (Fig. 1777).

Tierische Blase wird, um straffe Spannung zu erzielen, naß aufgespannt (Fig. 1778 u. 1779). Besonders feine Membranen sind die Goldschlägerhäutchen und Kollodiumlamellen (durch Verdunsten der Lösung von Kollodiumwolle

Fig. 1772.



Fig. 1773.



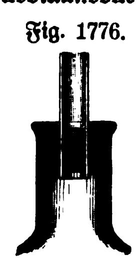
Fig. 1774.



Fig. 1775.



Fig. 1776.



in einem Gemisch von Alkohol und Äther [2]) auf Glasplatten erhalten). Zur Befestigung kann man Rähmchen wie Fig. 1780 benutzen. Durch Übergießen mit Kautschuklösung können sie haltbarer gemacht werden.

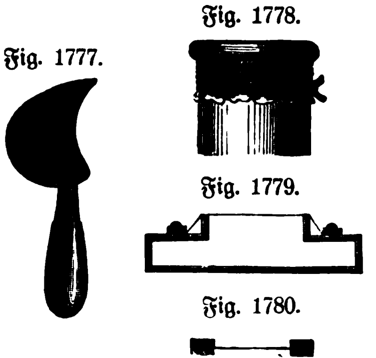


Fig. 1777. Fig. 1778. Fig. 1779. Fig. 1780.

Sehr elastische Häutchen sind die dünnen Kautschuklamellen, wie sie zu kleinen Luftballons und anderem Spielzeug gebraucht werden.

Aus nicht vulkanisierten Kautschukplatten kann man sich leicht weitere Röhrenstücke, z. B. zur Verbindung zweier weiter Glasröhren, herstellen. Man schneidet ein entsprechendes Stück herunter, fügt die frisch geschnittenen Ränder über einem passenden Cylinder stumpf aneinander und streicht die Naht ein paar Male mit dem Nagel, nachdem man sie etwas erwärmt hat, was aber nicht einmal immer notwendig ist. Die Röhre wird nun heruntergenommen und die Fuge durch eine Art Walken zwischen den Fingern besser vereinigt. Bedarf man einer etwas stärkeren Röhre, so legt man ein zweites Kautschukblatt darum, so daß die Nähte einander gegenüberstehen, und behandelt diese Fuge wie die erste, wobei sich gewöhnlich beide Platten fest genug miteinander verbinden, besonders wenn man sie während des Walkens etwas erwärmt. Solche Röhren

---

[1]) Von J. Wilfert in Köln (das Kilogramm zu 5 bis 18 Mk.); Deutsche Vulkanfibergesellschaft Ziegler u. Co., Kassel; Persicaner u. Co., Berlin W., Bülowstr. 57, u. a. — [2]) Verdünnen der Lösung mit Rizinusöl gibt mehr gallertartige Häutchen.

müssen aber auf die zu vereinigenden Glasröhren festgebunden werden, nachdem man zuvor noch eine Lage Leinwand herumgewickelt hat.

Kautschuk wird am besten in einer dicht schließenden Blechkiste, in welcher sich eine offene Wasserschale befindet, aufbewahrt, da er besonders durch Licht leidet und durch Ozon, welches sich z. B. an der Oberfläche von harzigem Holz bildet.

Zum Zerschneiden benutzt man ein sogenanntes Kautschukmesser (Fig. 1781) oder auch ein Kreismesser (Fig. 1782). Falls die Reibung zu groß wird, benetzt man das Messer mit Wasser.

Löcher können mit einen Korkbohrer gebohrt werden, welchen man mit Natronlauge benetzt hat.

Fig. 1781.

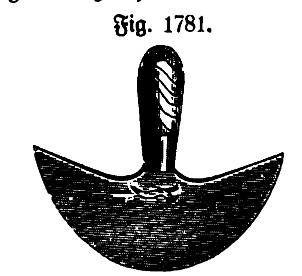


Fig. 1782.



Fig. 1783.



Das Abschleifen kann auf einer mit Kreide bestrichenen Schmirgelscheibe geschehen.

Zum Verkitten dient zähe Kautschuklösung oder ein Kitt, welchen man erhält, indem man gepulverten Schellack in einer stark wässerigen Lösung von Ammoniak einweicht und die entstandene Gallerte durch Erwärmen flüssig macht.

Bei kleinen Gegenständen kann man wohl auch unvulkanisierten, mit Schwefel gemischten Gummi (Stempelschneidergummi) einfügen und bis zum Vulkanisieren erhitzen.

Ein zu manchen Zwecken sehr brauchbarer leider feuergefährlicher Körper ist Celluloid, welches in glasklar durchsichtigen Blättern und auch in Form elfenbeinartiger Platten, sowie in den verschiedensten Gestalten in den Handel gebracht wird[1]).

Zum Verkleben kann man Aceton benutzen, in welchem es sich auflöst.

Eines der für elektrische Zwecke am meisten verwendeten Materialien ist der Hartgummi (Ebonit)[2]). Man erhält ihn in Stangen, Röhren und Platten von

[1]) Z. B. von Kirrmeier u. Scherer, Celluloidfabrik, Speyer a. Rh.; Deutsche Celluloidfabrik Leipzig-Plagwitz; Niederrheinische Celluloidwarenfabrik in Krefeld, u. a. — [2]) Zu beziehen von Dr. H. Traun, Harburger Gummikamm-Co., Hamburg, Meyerstraße 60; Franz Clouth, Rheinische Gummiwarenfabrik, Nippes-Köln; Pahlsche Gummi- u. Asbestgesellschaft, Düsseldorf-Rath, u. a. Letztere Fabrik liefert Hartgummi zu folgenden Preisen: Platten (schwarze), beste Qualität $^1/_4$ bis 16 mm dick, 16,36 bis 12,80 Mk.

beinahe beliebiger Form. Bei mäßiger Erhitzung (schon bei 100° C.) läßt er sich biegen, aber außerdem ist nicht viel zu erreichen. Dagegen läßt er sich auf der Drehbank und mit der Feile ohne Anstand behandeln. Sein Isolationsvermögen ist nicht sehr konstant und es wird öfter nötig, durch Abwaschen mit Salzsäure oder Seifenwasser und nachfolgendes Abspülen mit reinem Wasser oder durch Abreiben mit Glaspapier wieder nachzuhelfen. Viel dauernder behält Hartgummi (nach Kirchhoff) seine guten Eigenschaften, wenn man dasselbe von Zeit zu Zeit ganz schwach mit Öl oder Petroleum einreibt, oder mit Schellack lackiert.

Kuhfahl (1897) empfiehlt, den Hartgummi nach der Bearbeitung einige Minuten in geschmolzenes Hartparaffin zu legen und nur leicht mit Fließpapier abzutrocknen.

Um Hartgummiplatten gerade zu richten, bestreicht man sie mit Öl und bringt sie in erhitztem Zustande zwischen zwei ebene kalte Platten, auf welche ein schweres Gewicht aufgelegt wird.

Poliert wird Hartgummi nach dem Feinschleifen (durch Holzkohle und Öl) mit Wiener Kalk und Spiritus.

Um Hartgummi zu verlöten, befeuchtet man die Schnittflächen mit Kautschuklösung, bestreut die Lötstelle mit feinem Hartgummipulver, schließt die beiden Teile in eine Form ein und preßt sie unter gleichzeitiger Erhitzung stark zusammen.

Ambroin, eine Mischung von Bernstein, Glimmer u. s. w., unter hohem Druck gepreßt [1]) läßt sich wie Hartgummi drehen, bohren und schneiden und wie Holz polieren. Es gibt Qualitäten, die selbst bis 200° ihr Isolationsvermögen bewahren, andere, die sich besonders auszeichnen durch hohe dielektrische Festigkeit oder Unangreifbarkeit durch Säuren oder Alkalien [2]).

Mikanit [3]), ein häufig gebrauchtes Isolationsmaterial, besteht aus Glimmerscheiben, welche durch Lack miteinander verbunden sind. Megohmit [4]) ist ebenfalls ein Ersatzmaterial für große Glimmerplatten. Vorzüglich isoliert Bernstein.

Horn läßt sich ähnlich wie Ebonit in der Wärme biegen. Um es zu löten, schrägt man die zu vereinigenden Ränder ab, stellt sie in heißen Alkohol oder Benzin, um jede Spur von Fett zu entfernen, legt sie nun zwischen zwei Holzplatten in eine heiße kupferne Lötzange oder erwärmt mittels eines Bügeleisens und setzt das Ganze gleichzeitig durch Einklemmen im Schraubstock einem starken Drucke aus. Die Lötzange darf dabei nur so heiß sein, daß dazwischengeklemmtes Papier gebräunt wird, ohne zu verbrennen.

Knochen befreit man vor der Verarbeitung von Fett. Hierzu kocht man sie in Lauge.

Zum Leimen von Elfenbein mischt man 1 Tl. Leim mit einer Lösung von 2 Tln. Hausenblase in Spiritus und setzt $^1/_2$ Tl. gebrannten Kalk zu. Leim und Hausenblase müssen zuerst einen Tag lang in Wasser quellen.

---

pro Kilogramm; schlechteste Qualität 7,50 Mk. pro Kilogramm; Röhren, 4 bis 75 mm Durchmesser, 10,28 bis 9,22 Mk.; Stangen, 4 bis 35 mm Durchmesser, 10,20 bis 7,24 Mk. Geglättet sind die Stangen 25 bis 50 Proz. teurer, poliert 50 bis 100 Proz. teurer. 1 qm 1 mm starke Platte wiegt 1,200 kg.

[1]) Zu beziehen von den Ambroinwerken, G. m. b. H., Pankow-Berlin. — [2]) Siehe Böhlendorf, Elektr. Zeitschr. 19, 429, 1898. — [3]) Zu beziehen von Meirowsky u. Co., Köln-Ehrenfeld; Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft, Kabelwerk, Berlin, u. a. — [4]) Abit, Lackit zu beziehen von Gebr. Abt in Ensheim (Pfalz); Stabilit von der Allgemeinen Elektrizitätsgesellschaft in Berlin; Kornit, Bengalit, Eburit u. s. w. (zu beziehen von Weidmann in Rapperswyl) gehören ebenfalls hierher.

Ein Kitt zum Verbinden von Metallen und Nichtmetallen wird erhalten durch Auflösen von 250 Tln. Leim und 62 Tln. Gummiammoniak in kochendem Wasser und Zusatz von 50 bis 60 g Schwefelsäure.

Schellack wird für elektrische Versuche mit etwas venetianischem Terpentin versetzt. Man erhitzt zunächst den Schellack zum Schmelzen (möglichst wenig über den Schmelzpunkt) und setzt dann erst unter Umrühren den Terpentin zu. Stäbe gießt man in Formen aus gewöhnlichem Schreibpapier, welches dann in Wasser aufgeweicht und abgeschabt wird, worauf man durch Bestreichen mit einer Flamme die Oberfläche des Schellacks wieder glättet.

Guttapercha bekommt man in papierdünnem Zustande, in Schnüren und überhaupt in jeder Form. Frisch in warmem Wasser durchgeknetet und getrocknet isoliert sie vortrefflich. Leider verliert sie an der Luft diese Eigenschaft mit der Zeit mehr oder weniger und wird brüchig. Man bewahrt sie deshalb unter Wasser auf.

Dielektrin ist eine von Hurmuzescu[1]) angegebene Mischung, hergestellt durch Zusammenschmelzen von Schwefel mit Paraffin. Sie ist weniger zerbrechlich und hygroskopisch als Schwefel und isoliert besser als beide.

74. Lackierraum. a) Das Lackieren und Anstreichen von Metall. Durch Lackieren kann man selbst den einfachsten Dingen ein sehr gefälliges sauberes Aussehen verleihen und das schön goldglänzend gefirnißte, blanke Messing trägt, wie bereits früher bemerkt, nicht zum mindesten dazu bei, physikalische Apparate dem Schüler interessant erscheinen zu lassen.

Indessen muß man auch nicht alles firnissen wollen, namentlich nicht solche Teile, welche oft und kräftig in die Hand genommen werden müssen. An diesen reibt sich der Firnis bald durch und die Apparate sehen dann weniger gut aus, als wenn sie nicht gefirnißt wären und sonst rein gehalten würden.

Die Bereitung von Messinglack. Man nimmt im allgemeinen auf 1 Tl. Schellack[2]) 4 Tle. absoluten Alkohol und läßt in verstopften Gefäßen in gelinder Wärme (ja nicht heiß), unter öfterem Umrütteln so lange stehen, bis die Auflösung geschehen ist, wozu etwa 24 Stunden erforderlich sind. Gern nimmt man etwas mehr Schellack als angegeben, um den Firnis möglichst konzentriert zu erhalten. Man läßt die Lösung in gelinder Wärme einige Zeit ruhig stehen, bis sich die unaufgelösten Harze und die schleimigen Teile des Schellacks gesetzt haben, gießt darauf die klare Flüssigkeit so weit als tunlich ab und filtriert den Rest. Das Filtrieren geschieht durch einfaches Fließpapier bei gelinder Wärme, wobei man den Trichter mit einer Glasscheibe bedeckt, da es immer nur langsam geht, weil die schleimigen Teile das Filter verstopfen. Der Firnis wird in Gläsern mit weiter Mündung aufbewahrt, oder man gießt beim Gebrauch so viel als man nötig hat in eine flache Schale oder einen kleinen Napf. Der Rest darf nicht in die Flasche zurückgegossen werden. Man hält sich dafür eine besondere Flasche mit der Aufschrift „gebrauchter Messinglack". Den Pinselstiel kann man durch den Korkstöpsel dieser Flasche stecken und so den Pinsel immer weich erhalten. Tut man dieses nicht, so muß der Pinsel bei jedesmaligem Gebrauche in Weingeist ausgewaschen werden, welchen Weingeist man für künftige Auflösungen sammelt. Als Pinsel verwendet man einen breiten sorgfältig beschnittenen Haarpinsel oder auch ein

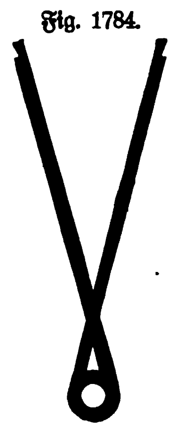
---

[1]) Siehe Z. 8, 167, 1895. — [2]) Soll der Lack farblos sein, so nimmt man gebleichten Schellack mit Zusatz von etwa 10 Proz. Mastix.

feines Schwämmchen, das in ein Blech eingeklemmt wird, wie die Pinselhaare; es wird vorn eben geschnitten und steht nur etwa 5 mm über das Blech hervor. Zum Halten der Gegenstände dient die Lackiergabel (Fig. 1784) aus federndem Draht.

Man muß den Firnis entweder sogleich nach dem Abdrehen oder Abfeilen auftragen, oder man schleift zuerst mit Bimsstein und Wasser auf Filz und dann mit Schmirgel und Öl, und trägt dabei Sorge, daß alle Striche schön parallel werden. Nach dem Schleifen muß man die Gegenstände sorgfältig mittels warmen Seifenwassers reinigen und mit reinen leinenen Tüchern abtrocknen. Für die meisten Fälle wird die Arbeit befriedigend ausfallen, wenn man mit sehr feinem Schmirgelpapier schleift oder poliert. In keinem Falle dürfen die zu firnissenden Gegenstände vor dem Firnissen mit bloßen Händen berührt werden. Alle Metalle werden, am besten über Kohlenfeuer oder auf heißen Blechen, weniger gut über der Bunsenflamme und noch weniger gut über Weingeist, so weit erwärmt, daß sie kaum noch mit der Hand berührt werden können — 60 bis 70° —, worauf man den Firnis aufträgt. Man taucht nur die Haare des Pinsels ein und führt mit demselben Striche genau parallel mit dem Strich auf dem Metalle; wenn mehrere Pinselstriche nötig sind, so setzt man sie genau parallel nebeneinander; ist der Strich auf der Drehbank gemacht, so muß auch auf der Drehbank gefirnißt werden. Bei größeren Gegenständen muß man den Druck auf den Pinsel bei jedem Striche zuletzt etwas verstärken, um einen überall gleichen Überzug zu erhalten. Erst wenn der Gegenstand vollkommen erkaltet ist, darf er mit der Hand berührt werden. Man kann den Schellackfirnis wohl auch kalt und in mehreren Schichten übereinander auf Metall auftragen; allein der Firnis bekommt so weder die gleiche Härte, noch den gleichen Glanz, und es geschieht daher nur, wo man, wie bei elektrischen Apparaten, zu anderen Zwecken entweder eine dicke Firnisschicht erzeugen will, oder den Gegenstand nicht mehr erwärmen kann.

Fig. 1784.



Für manche Zwecke hat man gefärbten Schellackfirnis nötig, namentlich sog. Goldfirnis. Man erhält ihn durch Zusatz von mit Safran gefärbtem Alkohol zu dunklem Schellack. Curcuma oder Gummigutt sind nicht zur Färbung zu empfehlen. Zusatz von Drachenblutlösung in Alkohol macht die Farbe mehr rötlich.

Blauer Lack wird z. B. durch Zusatz von Methylenblau erhalten. Ebenso kann man andere lichtechte Anilinfarben verwenden. Am besten kauft man aber die farbigen Lacke fertig [1]).

Einen dunklen Firnis erhält man auch durch nachträgliches starkes Erhitzen des lackierten Gegenstandes; der Schellack wird dabei härter und ist durch Weingeist kaum mehr zu entfernen.

Will man schwarzen Lack selbst herstellen, so mischt man unter gewöhnlichen Schellackfirnis Kienruß. Trägt man nur wenig ein, so erhält man einen glänzenden Firnis, nimmt man aber relativ viel, so erhält man ein mattes Schwarz.

[1]) Sehr schönen Goldlack kann man z. B. von Große und Bredt, Firnisfabrik, Berlin SW., Ritterstr. 41, beziehen. Von der gleichen Firma ist auch ein sehr guter schwarzer Lack für Metalle zu erhalten, sowie andere Firnisse in den verschiedensten Farben. Ferner liefern solche Lacke Zeller u. Co., Deutsche Metalllackfabrik, Feuerbach bei Stuttgart; Dr. Max Ascher u. Co., Lackfabrik, Berlin SW., Linksstr. 29, u. a.

An Stelle von Spirituslacken wird häufig **Zaponlack** [1]) verwendet, dessen Auftragen einfach durch Eintauchen und Abtropfenlassen der Gegenstände geschieht.

Um solchen selbst herzustellen, läßt man 2 Tle. Celluloidabfälle mit 20 Tln. Aceton unter häufigem Schütteln so lange stehen, bis sie sich vollständig gelöst haben, verdünnt dann die dickflüssige Lösung mit 78 Tln. Amylacetat und wartet bis zu völliger Klärung (einige Wochen lang).

Einen anderen „**Tauchlack**" erhält man, indem man in einer Mischung von 1000 g Wasser und 50 g Ammoniak 144 g Schellack auflöst und nach Bedarf Anilinfarben zusetzt.

Gefirnißte Messingflächen, welche ihren Glanz verloren haben, reinigt man mit einem mit etwas Petroleum oder Öl befeuchteten Lappen, den man stets in der Richtung des Striches bewegt. Fleckig und streifig gewordene Firnisschichten werden entfernt und durch neue ersetzt. Man legt zu diesem Zwecke den betreffenden Teil für mehrere Tage in starken Alkohol, oder, wenn die Sache eilt, so kocht man ihn in Alkohol im Wasserbade aus. Das Schälchen mit Alkohol wird hierzu mit einem nicht ganz dicht schließenden Deckel bedeckt und in ein größeres Gefäß mit heißem Wasser eingesetzt. Über freiem Feuer darf man selbstverständlich Alkohol nicht kochen lassen. Ist der alte Firnis derart entfernt, so werden die Flächen neu poliert (am einfachsten durch Überreiben mit feinstem Schmirgelpapier, eventuell auch mit Wienerkalk oder Polierrot) und schließlich neu gefirnißt.

Blankes Silber kann durch Bestreichen mit einer durch Alkohol verdünnten Kollodiumlösung **geschützt** werden. Das entstandene Häutchen kann, wenn nötig, durch heißes Wasser wieder entfernt werden.

Auf **Eisen** kann man Benzoetinktur oder gebleichten Schellack anwenden, doch wird Eisen selten gefirnißt [2]).

W. **Holtz** (Z. 8, 5, 1894) empfiehlt zum Blankerhalten von Eisen und Zink einen Überzug mit einer Lösung von Kollodium in Amylacetat. Auch Kautschuköl, Wachs in Petroleumäther gelöst, oder auch nur gewöhnliches Schmieröl, werden zu gleichem Zwecke angewendet.

Ein Rostschutzmittel, bezeichnet als **Ferronat**, ist zu haben bei **Rosenzweig** und **Baumann** in Kassel.

Ein anderes, als Antioxyd bezeichnetes, liefert Eugen **Schaal** in Stuttgart.

Ein **schwarzer Überzug**, der auf Eisen sehr fest haftet und dasselbe selbst gegen Säuredämpfe einigermaßen schützt, wird erhalten, wenn man die Gegenstände 15 bis 30 Minuten in Steinkohlenfeuer so erhitzt, daß die schwer flüchtigen Destillationsprodukte der Steinkohle sich darauf kondensieren.

Schmiede pflegen das noch heiße Eisen mit Asphalt zu bestreichen. Auch wiederholtes Erhitzen nach jeweiligem vorherigem Bestreichen mit Wachs, Petroleum, Schwefelbalsam u. dergl. wird empfohlen.

Eisenblechgegenstände, welche höhere Temperatur auszuhalten haben (Ofenröhren), erhalten einen **glänzend schwarzen** Überzug durch Bestreichen mit einer

[1]) **Farblosen Zaponlack**, sowie **schwarzen Mattlack** (Enameloid) liefert **Max Franke**, Berlin S., Alexandrinenstr. 97. Als Lösungsmittel für Celluloid und Anilinfarben eignen sich auch Dichlorhydrin und Epichlorhydrin, zu beziehen von **H. Flemming**, Kalk bei Köln. — [2]) Einen **wasserhellen Schutzlack** für Eisen liefert **C. Heyderhof**, Berlin SO, Adalbertstr. 60.

Lösung von 1 Tl. Schwefel in 10 Tln. Terpentinöl und starkes Erhitzen in einem Thermostaten. Für Gegenstände, die wenig oder gar nicht der Erwärmung ausgesetzt sind, genügt ein Anstrich mit Asphaltlack.

Um emailleartige Lackierungen (wie an Fahrrädern, Nähmaschinen u. s. w.) herzustellen, ist ein Lackierofen[1]) erforderlich, welcher für kleinere Gegenstände auch durch ein Stück Ofenrohr ersetzt werden kann. Dieses wird vertikal über einem Bunsenbrenner aufgestellt und oben nicht ganz vollkommen durch einen Blechdeckel geschlossen, an welchen die lackierten Gegenstände angehängt werden. Gewöhnliche Lacke vertragen nur eine Wärme von 100°[2]).

Ölfarben werden erhalten durch Verreiben feiner farbiger Pulver mit Leinölfirnis (d. h. gekochtem Leinöl), am besten mit einer Farbmühle[3]). Durch Zusatz von Terpentin kann man die Farbe verdünnen und dadurch das Aufstreichen erleichtern, Zusatz von sogenanntem Sikkativ befördert die Oxydation des Leinöls, bewirkt also rasches Trocknen des Anstrichs.


Fig. 1785.

Für kleine Gegenstände, welche einen feinen Anstrich erhalten sollen, zum Auftragen von Schriften mittels des Pinsels u. s. w., benutzt man zweckmäßig die in Tuben käuflichen Malerölfarben.

Ölfarbenanstriche auf Gußwaren und anderen groben Metall- und Holzgegenständen erfordern keine besondere Vorsicht. Man nimmt gewöhnlich als Grundfarbe Mennige oder Bleiweiß mit Leinölfirnis und trägt, nachdem dieser Anstrich trocken geworden, den eigentlichen Anstrich auf.

Auf Blech, insbesondere Zinkblech, welches vielfach zur Herstellung von Trögen und anderen Gefäßen Verwendung findet, halten Anstriche im allgemeinen schlecht. Man muß, um besseres Haften zu erzielen, die Oberfläche des Bleches rauh machen, aber nicht durch Anätzen, wie es häufig geschieht, sondern durch Abschleifen mit Bimsstein, so lange bis sich keine dunklen Stellen mehr zeigen; alsdann wird ein Anstrich von Zinkweiß aufgetragen und erst auf diesen der gewünschte Anstrich. Man darf dabei keine schnelltrocknenden Ölfarben verwenden, da solche Anstriche allzuleicht abspringen[4]). Die angestrichenen Blechwaren werden drei Tage lang bei einer Temperatur von 70 bis 90° getrocknet. Dieser Hitzegrad ist durchaus nötig, darf aber auch nicht überschritten werden[5]).

---

[1]) Zu beziehen von G. Hoffmann, Lackierofenfabrik, Berlin SW., Oranienstr. 108 und Joh. Müller u. Co., Ofenfabrik, Göttingen 3. — [2]) Emaille-Lackfarben liefert Curt Gündel, Lackfabrik in Dresden-Löbtau. Dr. Münchs „Lack-Dauerfarben" sind zu beziehen von Dr. Münch und Röhrs, Berlin NW. 21. — [3]) Farbmühlen liefert zu 11 bis 25 Mk. E. Sonnenthal, Berlin C., Neue Promenade 6 (Fig. 1785). — [4]) Anstreichmaschinen (Zerstäuber mit Pumpe) zum Auftragen von Leim- und Silikatwasserfarben liefert das Institut für Gewerbehygiene, Berlin NW. 21, Alt-Moabit 106; Witterungsbeständige „Schuppenpanzerfarbe" Dr. Graf u. Co., Berlin O. 112; „Siderosthen-Lubrose", widerstandsfähig gegen chemische Einflüsse, Aktiengesellschaft Jeserich, Chem. Fabrik Hamburg; wetter-, wasser- und säurefeste „Zonca-Farbe" Fr. Goerig, Mannheim; verschiedene andere B. Paege u. Co., Berlin NW., Kaiserin Augusta-Allee 14. — [5]) Anstrichfarben für Dampfheizkörper liefern die Frankfurter Lackfabrik, G. m. b. H., Frankfurt a. M. und O. Fritze u. Co., Farben-, Lack- und Firnisfabrik, Offenbach a. M. „Dauer-Ölfarben" liefern Dr. Münch und Röhrs, Berlin NW. 21.

b) Beizen von Metall. Geschliffene Eisenteile, welche dem Rosten leicht ausgesetzt sind, werden häufig brüniert. Man streicht auf das blanke Eisen eine Mischung von Chlorantimon mit Baumöl in dünner Schicht gleichmäßig auf, wäscht nach einigen Tagen, wenn sich eine gleichmäßig braune Färbung eingestellt hat, ab, trocknet, reibt mit Wachs ein und poliert, wenn nötig, mittels eines Polierstahls.

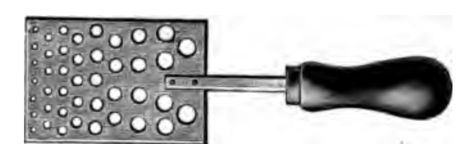
Stahlschrauben werden bei feineren Apparaten zum Schutze gegen Rost blau gemacht, indem man sie zunächst fein poliert, dann, ohne sie mit den Fingern zu berühren, mittels einer Pinzette (Kornzange) in ein durchlöchertes Blech (Fig. 1786) einsetzt, auf welchem sie mittels ihrer Köpfe aufsitzen, nun von unten vorsichtig erwärmt, bis die gewünschte Anlauffarbe nahe erreicht ist und schließlich die Köpfe nach unten, rasch auf kalten feinen Sand wirft. Ebenso erhitzt man Federn und dergleichen auf einem starken Blech, um gleichmäßiges Anlaufen zu erzielen.

In ähnlicher Weise können Messing- und Kupferteile durch Erhitzen im Thermostaten mit brillanten Anlauffarben versehen werden.

Kupfer-, Bronze-, Messing- und Neusilbergegenstände werden häufig gelb gebrannt, d. h. durch Beizen in Säuren mit einer Oxydschicht bedeckt. Hierzu dient am einfachsten rohe Salpetersäure.

Zur „Glanzbrenne“ mischt man 1000 Tle. Salpetersäure, 400 bis 500 Tle. Schwefelsäure, 5 bis 10 Tle. Kochsalz und 5 bis 10 Tle. Glanzruß (von Holzfeuerung), läßt erkalten, taucht die Gegenstände an Haken aus Messingdraht ein, nimmt sie rasch wieder heraus, spült sie mit viel Wasser ab, legt sie in eine Lösung von 15 bis 20 g Weinstein in 3 bis 4 Liter Wasser und trocknet nach kurzer Zeit mit Sägespänen. Sollen die Gegenstände ein mattes Aussehen erhalten, so mischt man 1000 Tle. Salpetersäure mit 400 bis 500 Tln. Schwefelsäure, 4 bis 5 Tln. Kochsalz und 10 Tln. Zinkvitriol, läßt diese Mischung (Mattbrenne) 24 Stunden stehen, taucht die Gegenstände 5 bis 20 Minuten hinein und behandelt sie dann in der vorigen Weise.

Fig. 1786.



Um Messing blauschwarz zu beizen, bringt man es in Salmiakgeist, in welches im Überschuß kohlensaures Kupfer eingerührt wurde.

Eine schwarze Beize wird erhalten aus 500 g rauchender Salzsäure, worin 156 g Hammerschlag und 47 g Arsenik gelöst werden. Die Gegenstände werden wie zum Firnissen vorbereitet und dann einige Minuten in die Beize gebracht; sobald sie hinreichend schwarz sind, werden sie in reinem Wasser gut abgespült und getrocknet. Sie können noch gefirnißt werden.

Sehr häufig wird Messing „schwarz gebrannt“. Zu diesem Zwecke werden 500 g Kupfernitrat geschmolzen, 150 g 90 proz. Alkohol zugesetzt und die Mischung kaltgestellt. Die Gegenstände werden kalt in diese Beize gebracht oder ein oder mehrere Male sehr dünn und gleichmäßig mit einem feinen Pinsel damit angestrichen. Jeder Anstrich wird rasch getrocknet und der Gegenstand bis zum Schwarzwerden, d. h. bis zur Zersetzung des salpetersauren Kupfers, erhitzt. Zuletzt reibt man die Gegenstände mit Öl ein, oder firnißt sie mit Schellack.

Zweckmäßig ist es, vor dem Auftragen der Schwarzbrenne die Gegen-

stände schwach mit Salpetersäure anzuätzen, sodann abzuwaschen, aber nicht zu trocknen [1]).

Halbmattes Schwarz auf Eisen wird erzielt durch Eintauchen in eine Lösung von 1 Tl. Kalibichromat in 10 Tle. Wasser und Erhitzen nach dem Trocknen. (Mehrmals zu wiederholen.)

c) **Lackieren und Polieren von Holz.** Zum **Firnissen des Holzes** wird ebenfalls Schellackfirnis gebraucht, er muß jedoch in dünnen Schichten öfter aufgetragen werden. Handelt es sich dabei nicht etwa um besondere Eleganz, sondern vielleicht nur um Schutz gegen Feuchtigkeit oder um bessere Isolierung, so kann man mit Vorteil unfiltrierten Schellackfirnis anwenden. Daß immer erst ein folgender Anstrich gegeben werden darf, wenn der vorige trocken ist, braucht wohl nicht weiter begründet zu werden. Gut ist es, namentlich behufs der Ersparnis von Firnis und gleichmäßiger Färbung, wenn das Holz vorher mit Leimwasser bestrichen wird. Soll übrigens der Firnis schön werden, so muß das Holz nach dem Leimen oder nach dem ersten Firnissen und im recht trockenen Zustande noch einmal mit Schaftheu überarbeitet werden. Die nächsten Schichten dürfen dann nur dünn und in der Wärme oder im Sonnenscheine aufgetragen werden (besonders bei weichem Holze), weil sonst das Holz stellenweise wieder aufquillt. Überhaupt muß man durch schön parallel geführte Striche jede stellenweise Anhäufung des Firnisses verhüten, bis derselbe so weit zähe geworden ist, daß er nicht mehr zusammenläuft. Schön wird der Firnis auf Holz nur in wohlgeheizten Zimmern oder im Sonnenscheine [2]).

Holz wird häufig auch vor dem Firnissen **gebeizt**, z. B. gelb durch Lösung von Curcuma in Alkohol oder rot mit Drachenblut.

Mahagonifarbe wird erzeugt durch eine Lösung von 30 Tln. Curcuma und 30 Tln. Drachenblut in 250 Tln. Alkohol. Zu **brauner Beize** verwendet man Kasselerbraun mit gleichviel Soda in der vierfachen Menge Wasser gelöst, oder, falls der Gegenstand naß werden kann, verdünnte Asphaltlösung in Terpentinöl, eventuell mit Zusatz von Drachenblut.

Um Hölzer **schwarz** zu beizen, überstreicht man mehrmals mit heißer Blauholzabkochung, und schließlich mit einer Lösung von doppeltchromsaurem Kali, oder erst mit Galläpfelabkochung und dann mit essigsaurem Eisenoxyd. Auch Anilinschwarz (siehe Deutsche Mechanikerzeitung 1898, S. 132) oder gute schwarze Tinte kann als Beize dienen.

Wenn es sich nur um einen **schwarzen Anstrich** handelt, besonders für Gegenstände, welche häufig naß oder heiß werden, so dient der im Handel überall fertig käufliche Asphaltlack, eine Lösung von 1 Tl. Aspalt in 3 Tln. Terpentinöl, eventuell mit Zusatz von Kienruß.

Anstatt zu firnissen kann man gebeiztes Holz auch einfach mit Wachslösung in Benzin überreiben, wodurch es **matten Glanz** erhält.

---

[1]) Über **Schwarzbeizen von Messing** auf kaltem und heißem Wege siehe auch Zeitschrift für Instrumentenkunde 10, 195, 1890; über verschiedene andere Beizen zur **Metallfärbung**, ibid. 12, 292, 1892; Taschenbuch für Präzisionsmechaniker 2, 361 und 371, 1902; ferner **G. Buchner**, Die Metallfärbung, Berlin, Krayn, 1901. — [2]) **Japanlack** ist zu beziehen von Dr. Ph. Hirsch, Lackfabrik, Pankow-Berlin. **Lackspritzapparate** (Zerstäuber, pneumatischen Pinsel) liefert v. **Döhn**, Schöneberg bei Berlin. Abziehbilder für Lackierarbeiten sind zu haben bei **Troeger u. Bücking**, Nürnberg.

Wie Holz poliert wird, läßt man sich am besten von einem Möbelschreiner zeigen, wenn man sich dafür interessiert. Die Operation ist sehr einfach, verlangt aber Übung.

Die sogenannte Politur (Lösung von 1 Tl. Schellack in 7 bis 8 Tln. Alkohol) wird mittels eines Schwämmchens, eines Wollebäuschchens u. dergl. aufgenommen, dasselbe in ein Stückchen reine weiche Leinwand eingeschlagen, die Zipfel zu einem Griff zusammengedreht und die Unterseite des so erhaltenen weichen Ballens mit etwas Leinöl versehen. Man reibt damit auf dem zuvor gut mit feinem Bimssteinpulver und Leinöl geschliffenen Arbeitsstück gleichmäßig kreisend umher, bis der gewünschte Glanz erzielt ist. Die Schellacklösung dringt nämlich langsam durch die Poren der Leinwand hindurch und wird durch das Reiben während des Trocknens glatt gestrichen. Von Zeit zu Zeit gibt man wieder etwas Öl auf den Ballen, damit derselbe hinreichend schlüpfrig bleibt und nicht zu sehr adhäriert.

Um schönen Glanz zu erhalten, überreibt man die Politur mit einem mit etwas Alkohol befeuchtetem Läppchen erst sanft und dann immer stärker, bis zum völligen Eintrocknen.

Das beim Schleifen des Holzes benutzte Öl muß vor dem Polieren möglichst entfernt werden, da es sonst mit der Zeit durchdringt und auf der Politur matte Flecken erzeugt. Sehr poröse Hölzer werden vor dem Schleifen mit Leimlösung getränkt, oder mit einer Mischung von Schellacklösung und Bimsstein abgerieben. Auch nimmt man anfänglich sehr konzentrierte Politur und bewirkt das völlige Ebnen durch Überreiben mit reinem Weingeist und etwas Öl.

Für weiße Hölzer nimmt man an Stelle des gewöhnlichen, gebleichten Schellack. Grobe Stücke und solche, welche schon mit Ölfarbe gestrichen sind, lackiert man mit Kopal- oder Dammarlack (letzterer ist farblos). Durch Zusatz von Farbpulvern zu den Lacken kann man sich auch farbige Lacke herstellen, die rascher trocknen als Ölfarben, z. B. roten Lack (Siegellacklösung) durch Zusatz von Zinnober u. s. w. Sehr bequem sind die fertig im Handel zu beziehenden Emailfarben, Fußbodenlacke u. s. w. [1]).

Zum Lackieren von Holzmodellen dient ein besonders schnell trocknender sogenannter Emaille-Modelllack, welcher die Poren des Holzes ausfüllt und es mit einer glänzenden glatten Haut überzieht.

Kleinere Modellstücke spießt man beim Lackieren an einen Handgriff, der mit drei feinen Spitzen versehen ist, auf, welcher in einer achsialen Durchbohrung einen verschiebbaren Stift enthält, so daß durch Drücken auf dessen hervorragendes Ende das fertig lackierte Stück leicht abgedrückt werden kann.

Ölfarbenanstriche werden wie auf Metall hergestellt. Alte Anstriche werden zuvor durch Erweichen mit der Lötlampe, mittels der Ziehklinge oder durch Abätzen mit Soda- oder Natronlauge entfernt.

---

[1]) Emaillefarben liefern C. Fritze u. Co., Offenbach a. M.; Dr. Moll u. Palmer, Freyburg a. d. Unstrut, u. a.; Säurefeste Porzellan-Emaillefarbe: B. Paege u. Co., Berlin NW., 87 und Dr. Philipp Hirsch, Lackfabrik, Pankow-Berlin: Adiodon, eine gummiartig zäh bleibende Anstrichfarbe: Reh u. Co., Asphaltgesellschaft San Valentino, Berlin NW., Dorotheenstraße 32; Wetterfeste Farben: Kleine und Flume, Bonn a. Rh.; Keimsche Mineralfarbenlager, Berlin SW., Neuenburgerstraße 19, u. a.; Zementfarben: Thies u. Roth, Mannheimer Farbenfabrik, Mannheim i. B. (Ölfarben trocknen nicht auf Zement).

In manchen Fällen genügt es auch, den Anstrich mit einem ebenen Stück Bimsstein und Wasser oder Seifenlauge glatt zu schleifen. Die ebene Fläche an dem Bimssteinstück stellt man dadurch her, daß man es zunächst auf einer Sandsteinplatte abreibt.

Um Holz zu paraffinieren taucht man es in Paraffin, welches erheblich über 100° erhitzt ist, bis keine Dampfblasen mehr entweichen, und läßt es dann langsam im Paraffin erkalten.

d) Firnissen von Umspinnungen, Papier, Leder. Zum Firnissen umsponnener Drähte dienen die sogenannten Isolationslacke [1]).

Um alle Feuchtigkeit zu entfernen, werden die Gegenstände in größeren Fabriken in heizbaren Vakuumapparaten scharf getrocknet.

Bei dem Firnissen von Papier verfährt man wie bei Holz; da aber der Firnis das Papier durchdringt und dasselbe färbt, so muß man, wenn dieses nicht stattfinden und z. B. weißes Papier weiß bleiben soll, dem Papier vorher einen Anstrich mit klarem, starkem Stärkekleister geben oder es auch mit Hausenblasenleim überziehen und erst nach vollständigem Abtrocknen dieses Überzuges den Schellackfirnis auftragen [2]).

Besser geeignet, namentlich zum Schutz gegen Feuchtigkeit, ist Zaponlack [3]).

Der Firnis der Buchbinder für Wandtafeln u. s. w. ist ein Terpentinölfirnis und besteht aus Mastix mit $^1/_{12}$ bis $^1/_{20}$ Terpentin und Kampfer in Terpentinöl gelöst, da der Schellackfirnis zu spröde wäre.

Um paraffiniertes Papier zu erhalten, benutzt man ungeleimtes (Druck-) Papier, wärmt es auf einem heißen Blech vor, zieht es durch Paraffin, welches über 100° erhitzt ist, und läßt es dann, vertikal hängend, abtropfen.

Soll Leder gefirnißt werden, so muß dem Schellackfirnis immer etwas venetianischer Terpentin zugesetzt werden, weil er sonst zu spröde wird; für Schwarz nimmt man als Farbe Kienruß.

Glas wird warm gefirnißt, wenn man nur einen einmaligen durchsichtigen Überzug machen will; will man dasselbe aber dick mit Firnis überziehen, so geschieht dieses kalt. Zaponlack ist ebenfalls gut geeignet. Das Entfernen von verdorbenem Lack z. B. bei Influenzmaschinenscheiben geschieht durch Einlegen in Wasser.

75. Raum für Elektrolyse und Einbrennen. a) Galvanoplastik. Zu kleineren galvanoplastischen Versuchen bedient man sich am einfachsten eines modifizierten Daniellschen Elementes, wie es Fig. 1787 darstellt. *c* ist ein Zuckerglas von beliebiger Größe, dessen Boden man abgesprengt hat; über seine ursprüngliche Öffnung bindet man eine Schweins- oder Rinderblase und richtet ein Stück Zink

[1]) Z. B. Rusdit zu beziehen von Frischauer u. Co., Fabrik chemischer Präparate, Wien, Gumpendorferstr. 41; Excelsior-Isolierlack von Meirowsky u. Co., Köln-Ehrenfeld; Isolier-Tauchlack und Isolier-Klebelack von Dr. Philipp Hirsch, Lackfabrik, Pankow-Berlin; Armaturenfirnis von B. Paege u. Co., Berlin NW., 87. Besonders empfohlen wird neuerdings Elektra-Lack (Dr. Kronsteins polymerisierter Lack) zu beziehen von der Gesellschaft f. elektr. Industrie, Karlsruhe. Derselbe besitzt sehr hohe Isolationsfähigkeit, ist alkali- und säurefest und wärmebeständig bis über 300° C. — [2]) Ein Anstrich- und Konservierungsmittel für Pappdächer u. dergl., welches nicht rissig oder brüchig wird und nicht feuergefährlich ist, ist das Krustoleum, zu beziehen von Emil Reuter, Ober-Schöneweide-Berlin. — [3]) Zaponlack ist zu beziehen von Dr. Perl, Berlin NW., Scharnhorststr. 7.

so zu, daß es auf dem verengten Halse des Glases gerade über der Blase aufliegt, ohne diese zu berühren. Es ist zweckmäßig, das Zink in Flanell oder Fließpapier einzuschlagen oder einen zweiten Rahmen unter dem Zink anzubringen, der mit einem dünnen Zeuge überspannt ist, weil sich sonst da, wo herabfallende Teile des Zinks auf der Blase liegen, auch äußerlich Kupferwarzen ansetzen. Um das Glas windet man außerhalb einen starken Draht mit drei oder vier hervorstehenden Enden, mit denen dasselbe auf dem Rande des Gefäßes *a* so aufsitzt, daß unter der Blase noch 3 bis 6 cm Raum frei bleibt; einen solchen Draht kann man ganz einfach, wie in Fig. 1788, aus zwei Stücken zusammenbinden. Statt des Drahtes kann man auch einen Dreifuß aus Glas, wie Fig. 1789, in das Gefäß *a* stellen

Fig. 1787.



Fig. 1788.

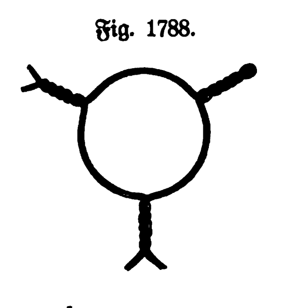


Fig. 1790.



Fig. 1789.

und *c* darauf setzen. Letzteres hat den Vorteil, daß sich die Blase nicht gegen die Form senken kann, wenn auch im Gefäße *c* die Flüssigkeit höher stehen sollte als in *a*, was auch beim Auseinanderheben des Apparates eintritt.

An das Zink wird ein starker Kupferdraht oder ein Streifen von Kupferblech gelötet, welcher in das Quecksilbernäpfchen *q* taucht, und von diesem geht ein zweiter starker Kupferdraht zu der auf dem Boden befindlichen Form, welche zugleich die andere Platte des Elements bildet. Die Drähte werden, so weit sie in die Flüssigkeiten tauchen, mit Siegellack überzogen. Die Einschaltung des Quecksilbernäpfchens hat den Vorteil, daß dadurch die Teile des Apparates leicht trennbar werden, was des öfteren Nachsehens wegen bequem ist; doch kann man die Drähte auch durch eine Klemmschraube vereinigen. Den zur Form führenden Draht läßt man ganz einfach auf derselben aufsitzen, wenn sie aus hartem Metall besteht, oder steckt ihn seitswärts in dieselbe, wenn sie weich ist. Da sich aber das Kupfer hauptsächlich da absetzt, wo der Draht ansteht, so muß man bei Stücken, deren Durchmesser größer ist, etwa 3 cm übersteigt, die Berührungsstelle des Drahtes wechseln, oder auch zwei solche Drähte anwenden oder den Draht rings um die Form binden. Man kann die Zinkplatte auch vertikal in das innere Glas stellen, sie auf dem eingezogenen Halse desselben ruhen lassen und den gebogenen Kupferdraht, an welchen unten die weiche Form gesteckt ist, durch eine Klemmschraube daran befestigen, wie dies Fig. 1790 im Durchschnitte zeigt. Das Gefäß *a* ist je nach der Größe des Apparates von Glas oder Steingut.

Die Form kann man so erhalten, daß man das Original erwärmt und einen Abguß von leichtflüssigem Metall darauf macht, wozu man, nach Böttcher,

8 Tle. Wismut, 8 Tle. Blei und 3 Tle. Zinn nimmt (nach Jordan 8 Tle. Wismut, 5 Tle. Blei und 3 Tle. Zinn). Gewöhnlich aber macht man dieselbe von Stearin oder von Wachs, unter welches man etwa 1/4 Tl. Gips geschmolzen hat. Das Original muß gut gereinigt werden, worauf man es mit einem Rande von Papier umgibt, der dasselbe etwa um 1 cm überragt und dessen Enden mit flüssigem Gummi übereinander befestigt werden. Unmittelbar vor dem Eingießen des Wachses, das nicht heißer sein darf, als zum Schmelzen nötig ist, kann man die Form ganz schwach behauchen, was das nachherige Lösen derselben vom Abgusse sehr befördert. Ein sichtbares Anlaufen des abzuformenden Gegenstandes darf durch dieses Anhauchen nicht bewirkt werden. Das Lösen der Form wird auch sehr befördert durch einen recht dünnen Fettüberzug. Sehr zweckmäßig ist es, das Modell vor dem Eingusse schwach zu erwärmen, damit die eingegossene Masse nicht unmittelbar beim Berühren des Metalls erkalte. Statt Wachs und Gips kann man auch gleiche Teile weiches Wachs und Bleiweiß, oder gleiche Teile Wachs und Stearin nebst 1/2 Teil gepulvertem Graphit nehmen. Gipsmodelle sind schwer abzuformen; am besten legt man sie auf einen Teller mit Wasser und gießt die Formmasse auf, sobald die Feuchtigkeit oben ankommt.

Um eine solche Form von Wachs leitend zu machen, überpinselt man dieselbe mit pulverförmig niedergeschlagenem metallischen Silber oder fein geschlämmtem Graphit mittels eines feinen Borstenpinsels und führt auch einen Strich davon auf der Seite der Form herunter, wo der Leitungsdraht eingesteckt werden soll. Man kann die Form auch nach Heeren mit einer beinahe gesättigten Lösung von salpetersaurem Silber überstreichen und dann auf einige Sekunden in Schwefel- oder Phosphorwasserstoffgas bringen; der dünne Überzug von Schwefel- (Phosphor-) silber, der dadurch entsteht, leitet gut. Um die Form und über den leitenden Strich auf der Seite weg legt man nun, nachdem der Draht eingesteckt ist, einen Rand von Klebewachs, damit das Kupfer nicht über die Form hinauswachse, was das Loslösen später sehr erschwert und leicht ein Verderben der Form, die außerdem wiederholt gebraucht werden kann, herbeiführt. Elastische Formen erhält man aus 20 Tln. Leim und 2 Tln. Kandis, die, mit sehr wenig Wasser gekocht, eine elastische Masse geben, wie sie die Buchdrucker zu ihren Schwärzwalzen anwenden; gießt man solche Masse über Formen, welche unterarbeitet sind, so lassen sie sich gleichwohl abziehen. Ein Zusatz von etwas Leinöl soll sie in dem galvanischen Bade haltbarer machen. Sehr gute Formen erhält man aus Guttapercha, wenn man den vorher gehörig mit feinstem Graphit überzogenen Gegenstand unter eine Presse bringt, die erwärmte und ebenfalls mit Graphit überzogene Guttaperchaplatte darauf legt und die Presse anzieht. Damit die Form gehörig stark bleibt, wird der Gegenstand mit einem Rahmen umgeben, welcher die Annäherung der Preßplatte begrenzt. Die Presse bleibt geschlossen bis zum vollständigen Erkalten.

Ist der Apparat zusammengesetzt, so füllt man das Gefäß *a* mit einer konzentrierten Lösung von Kupfervitriol, die man, wie bei der Daniellschen Kette, konzentriert erhält, und das Gefäß *c* mit stark verdünnter Schwefelsäure (1/30 bis 1/20). Wenn man des Erfolges sicher sein will, so darf man keine Vitriollösung gebrauchen, welche schon zur Daniellschen Kette gebraucht wurde und darum meist stark mit Zink verunreinigt ist. Will man zähes Kupfer erhalten, so setzt man der Kupfervitriollösung 5 bis 10 Proz. englische Schwefelsäure zu. In 12 bis 24 Stunden ist der Kupferüberzug stark genug geworden, um abgelöst zu werden. Man ent-

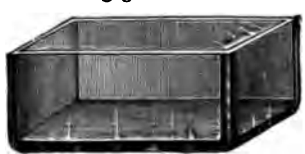
35*

fernt zuerst das Klebewachs und hebt dann mit der Schärfe eines Messers oder Falzbeins den Abdruck gerade auf, während man die Form mit der anderen Hand hält. Will man aber einigermaßen stärkere Abzüge erhalten, so muß man die Schwefelsäure noch schwächer nehmen und 5 bis 8 Tage auf den Niederschlag verwenden, oder den dünnen Abdruck rückwärts mit Zinnlot überziehen.

Will man den Strom irgend einer anderen Kette für galvanoplastische Zwecke verwenden, so verbindet man die Form mit dem negativen Pole, den positiven Pol aber verbindet man mit einer Kupferplatte, welche so groß ist als die Form und überall etwa um 1 cm von derselben absteht. Das Gefäß, worin die Form sich befindet, wird auch hier mit konzentrierter Kupfervitriollösung gefüllt. Diese erhält sich durch Auflösen der Kupferplatte von selbst genügend konzentriert. Kleinere Gefäße sind gewöhnlich Glaskästen [1]) (Fig. 1791), größere Steingutwannen [2]).

Als Lösung eignet sich nach Pfanhauser 200 g Kupfersulfat und 30 g chemisch reine Schwefelsäure in 1 Liter Wasser. Die Stromdichte kann sich zwischen 0,5 und 3 Amp. bewegen, und zwar wird das Korn des Niederschlages um so feiner, je kleiner die Stromdichte ist.

Fig. 1791.



Die Konzentration der Kupfervitriollösung wird dadurch konstant gehalten, daß man Steinzeugsiebe, welche an dem oberen Rande der Wanne angebracht sind, mit Kupfervitriolstücken füllt.

b) Galvanostegie [3]). Zum Verkupfern dient nach Pfanhauser ein Bad von folgender Zusammensetzung: Zu 500 g Wasser setzt man eine Lösung von 10 g calciniertem kohlensaurem Natron in 80 g Wasser und 20 g calciniertem schwefelsaurem Natron in 160 g Wasser, gießt dann langsam unter Umrühren eine Lösung von 20 g saurem schwefligsaurem Natron in 100 g Wasser hinzu und nach dem Aufhören des Aufbrausens eine Lösung von 30 g Cyankupferkalium und 1 g Cyankalium in 160 g Wasser. Die günstigste Stromdichte beträgt 0,3 Amp. pro Quadratcentimeter, die Anodenfläche muß möglichst groß sein.

Für Messingniederschläge empfiehlt Pfanhauser folgendes Bad: Zu 500 g Wasser gibt man unter Umrühren 1. eine Lösung von 14 g calciniertem kohlensaurem Natron in 70 g Wasser, 2. eine Lösung von 20 g calciniertem schwefelsaurem Natron in 100 g Wasser, 3. eine Lösung von 20 g saurem schwefligsaurem Natron in 100 g Wasser, wartet, bis das Aufbrausen aufgehört hat, und setzt nun eine Lösung von 20 g Cyankupferkalium, 20 g Cyanzinkkalium und 1 g Cyankalium (rein) in 205 g Wasser und schließlich noch 2 g Chlorammon in 25 g Wasser zu. Die geeignetste Stromdichte beträgt 0,3 Amp. Als Anoden nimmt man gegossenes Messing oder auch ausgeglühtes Messingblech von tunlichst großer Oberfläche.

[1]) Zu beziehen von Kähler und Martini in Berlin. — [2]) Zu beziehen von W. Pfanhauser, Berlin SW., Alte Jakobstr. 5. (Preis 7 bis 9 Mk.) Derselbe liefert auch für die Arbeiten geeignete Plattenelemente. — [3]) Die folgenden Rezepte sind entnommen aus dem „Vollständigen Handbuch der galvanischen Niederschläge“ von Dr. G. Langbein (Leipzig 1856) und dem Buche Elektroplattierung, Galvanoplastik, Metallpolierung von W. Pfanhauser, Wien, Spielhagen und Schurich, 1900. Chemikalien und Utensilien für Galvanostegie und Galvanoplastik sind zu beziehen von W. Pfanhauser, Berlin SW., Alte Jakobstr. 5; Dr. G. Langbein, Fabrik chemischer Produkte für Galvanotechnik, Leipzig-Sellershausen; P. Jenisch und Boehmer, Institut für galvanische Anstalten, Berlin O., Markusstraße (Werkhof) u. a.

Vernickelung[1]). Das einfachste und beste Nickelbad besteht aus einer Lösung von (im Winter) 8, (im Sommer) 10 Gew.-Tln. reinem schwefelsaurem Nickeloxydulammoniak in 100 Gew.-Tln. destilliertem Wasser. Es darf nur schwach sauer reagieren und wird, wenn zu sauer, mit Ammoniak neutralisiert. Der Leitungswiderstand dieses Bades ist ziemlich groß, es erfordert zwei bis drei Bunsenelemente. Die geeignetste Stromdichte ist 0,4 bis 0,6 Amp. pro Quadratcentimeter. Als Anode dient unter nicht zu hohem Drucke gewalztes Nickelblech. (Werden hartgewalzte Nickelbleche verwendet, so wird das Bad leicht sauer, gegossene Anoden machen es dagegen leicht alkalisch, da sich erstere nicht rasch genug, letztere zu rasch auflösen.) Vor dem Einbringen der zu vernickelnden Gegenstände müssen diese mit peinlichster Sorgfalt gereinigt sein. Man bindet sie zunächst an den zum Einhängen dienenden Kupferdraht, wäscht zuerst mit Benzin, dann mit heißer Kalilauge, spült mit reinem Wasser ab, bürstet mit einem Brei aus Ätzkalk und Kreide, spült nochmals mit Wasser und bringt sie noch naß in das Bad, nachdem zuerst der Kupferdraht mit dem negativen Pol der Batterie verbunden wurde, so daß der Niederschlag sofort beginnt.

Pfanhauser empfiehlt eine Lösung von 40 g Nickelsulfat und 35 g Natriumcitrat in 1 Liter Wasser. Die beste Stromdichte beträgt 0,27 Amp. Als Anoden dienen gegossene reine Nickelplatten.

Versilbern. Man löst 400 g kristallisiertes salpetersaures Silberoxyd in 5 Liter Wasser auf und setzt so lange Salzsäure zu, bis sich in einer durch ein kleines Papierfilter filtrierten Probe kein Niederschlag mehr bildet. Das Zimmer muß dabei, um einer Zersetzung des entstehenden Chlorsilbers vorzubeugen, verdunkelt sein. Man filtriert nun das Ganze, wäscht den Niederschlag gut aus, verreibt ihn dann in einer Reibschale mit Wasser zu dünnem Brei und gießt diesen in eine Lösung von 500 g Cyankalium in 5 Liter Wasser. Hierauf verdünnt man bis zu 10 Liter Flüssigkeit und läßt das Ganze unter Ersetzung des verdunstenden Wassers eine Stunde lang kochen. Die geeignetste Stromstärke ist 0,25 bis 0,15 Amp. pro Quadratdecimeter (0,5 bis 0,75 Volt Spannung). Kupfer und seine Legierungen werden vor dem Einbringen in das Versilberungsbad zuerst mit einem Tuchlappen mit etwas feinem Schmirgel abgerieben, abgespült, rasch durch Salpetersäure durchgezogen, nochmals abgespült, in eine Lösung von 10 g salpetersaurem Quecksilber in 1 Liter Wasser (und so viel Salpetersäure, als zur Klärung der Lösung nötig ist) eingetaucht, bis sich ein sehr dünner Quecksilberüberzug gebildet hat, nochmals abgespült und dann sofort in das Bad eingehängt.

Anreibeversilberung. Zur matten Versilberung von Skalen und Kreisteilungen wird von der Physikalisch-technischen Reichsanstalt[2]) folgendes Verfahren empfohlen: 6 g Kochsalz werden gut getrocknet und in einer Reibschale mit 3 g Kremortartari innig verrieben, die Mischung auf weißes Papier geschüttet, 1 g Silberpulver hinzugefügt, alles gut durchgemischt und sodann in einer gut verschlossenen Glasflasche aufbewahrt. Die zu versilbernde, vorher geschliffene Skala wird zunächst mit Kremortartari und Wasser abgewaschen, dann die Versilberungsmasse mit etwas Wasser durch Reiben mit dem Finger aufgetragen und, nachdem die gewünschte

[1]) Vernickelungssalze zur direkten Bereitung von Nickelbädern für sofortigen Gebrauch, sowie Nickelanoden liefert W. Pfanhauser, Berlin SW. 13, Alte Jakobstr. 5. Über Vernickeln durch Ansieden siehe Deutsche Mechanikerzeitung 1901, S. 145. — [2]) Zeitschrift für Instrumentenkunde 1, 1893.

Stärke der Silberschicht erreicht ist, die Fläche wieder mit Kremortartari und Wasser abgewaschen und gut getrocknet.

Um glänzend zu versilbern, stellt man gewöhnlich eine Pasta aus 12 Tln. Silbernitrat, 50 Tln. Salz und 30 Tln. Kremortartari her, welche drei Substanzen in einer Porzellanreibschale fein zerrieben und mit etwas Wasser zu Brei angerührt werden. Die Gegenstände werden mit diesem Brei eingerieben, dann abgewaschen und schließlich mit Gemsleder poliert [1]).

Zum Vergolden empfiehlt sich nach Pfanhauser eine Lösung von 50 g phosphorsaurem Natron, 15 g neutralschwefligsaurem Natron, 1 g reinem Cyankalium und 1,5 g Chlorgold in 1 Liter Wasser. Die geeignetste Stromdichte beträgt 0,1 Amp. Die Badtemperatur muß gleich 50° sein.

Ein kupferhaltiges Goldbad erzeugt eine rötliche Goldschicht, ein silberhaltiges eine grünliche.

Verplatinierung. Man löst 500 g Zitronensäure in 2 Liter Wasser und neutralisiert mit Ätznatron. Die Lösung wird zum Sieden erhitzt und währenddessen frisch aus 75 g trockenem Platinchlorid gefällter Platinsalmiak eingetragen. Nachdem vollständige Lösung erfolgt ist, läßt man erkalten und verdünnt mit Wasser zu 5 Liter Flüssigkeit. Nach einer anderen Vorschrift, die nicht wie diese helle, sondern schwarzglänzende Platinniederschläge liefert, löst man 250 g Zitronensäure in 3 Liter Wasser, neutralisiert mit Ammoniak, setzt 250 g Salmiak zu, löst unter Erhitzen den aus 20 g Platinchlorid gefällten Platinsalmiak darin auf und verdünnt zu 5 Liter Bad. Die Bäder müssen während des Gebrauches auf 80 bis 90° erhitzt werden und erfordern vier hintereinander geschaltete Bunsenelemente. Die Anode (aus Platinblech) muß möglichst groß sein und den Gegenständen auf wenige Centimeter genähert werden. Aus gebrauchten Bädern kann das noch darin enthaltene Platin durch Ausfällen mit Schwefelwasserstoff und Glühen des Niederschlages an der Luft wieder erhalten werden.

S. P. Thompson (1889) empfiehlt zum Platinieren eine Lösung von 2 Gew.-Tln. Platinchlorür, 16 Gew.-Tln. Borax, 16 Gew.-Tln. Na_2CO_3, 2 Gew.-Tln. NH_4Cl und 150 Gew.-Tln. Wasser, welche beim Gebrauche auf 60 bis 90° erwärmt wird. Das Bad muß stets neutral erhalten und eine ziemlich große Stromdichte angewendet werden. Wird es metallärmer, so wird wieder Platinchlorür zugesetzt.

Um Metalle mit Platinschwarz zu überziehen, verwendet man nach Lummer und Kurlbaum eine Lösung von 1 g Platinchlorid in 30 g Wasser unter Zusatz von 0,008 Teilen Bleiacetat. Die Stromdichte soll etwa 0,03 Amp. pro Quadratcentimeter betragen. 5 bis 10 Minuten Strombauer ist ausreichend.

Über Verstählen, Verzinnen, Verzinken, Verkobalten, Verantimonieren u. s. w. findet man nähere Angaben in dem citierten Buche von Pfanhauser.

c) Amalgamieren. Das Amalgamieren, d. h. Überziehen mit einer Quecksilberschicht wird meist durch Eintauchen in eine Lösung von Quecksilbernitrat oder -sublimat bewirkt oder einfach durch Überreiben mit Quecksilber mittels einer Bürste unter gleichzeitigem Anätzen mit verdünnter Schwefelsäure. Goldene Ringe muß man dabei ablegen. Sollte dies vergessen worden sein, so beseitigt man die

[1]) Anreibeversilberungspulver liefert C. Bauer, München. Siehe auch Taschenbuch für Präzisionsmechaniker 1902, S. 376.

Amalgamschicht durch Erhitzen bis nahe zum Glühen, mit der Vorsicht, daß die Lötfuge nicht aufbricht. Durch Bildung von Kupferoxyd werden sie schwarz, man muß also durch Schleifen und Polieren den ursprünglichen Glanz wieder herstellen.

Für Kupfer und Messing verwendet man verdünnte Salpetersäure. Eisen amalgamiert sich nur schwierig und wird deshalb zweckmäßig zuerst verzinnt.

Um Platin zu amalgamieren, bringt man es als Kathode in eine Lösung von Quecksilbernitrat.

Bei Metallen, welche sich leicht amalgamieren, bringt mit der Zeit das Quecksilber in das Innere ein und macht den Gegenstand brüchig.

d) **Verzinnen.** Sehr wichtig ist das Verzinnen mit geschmolzenem Zinn, welches insbesondere bei eisernen Gegenständen ausgeführt wird, namentlich dann, wenn an solchen später Lötungen mit Zinn ausgeführt werden sollen. Man beizt zunächst in verdünnter Schwefelsäure, bestreicht mit neutraler Chlorzinklösung, erhitzt und trägt dann das geschmolzene Zinn auf und breitet es mittels eines mit Salmiak bepuderten Wergbüschels aus. Kleinere Gegenstände taucht man ganz in ein Gefäß mit geschmolzenem Zinn (und etwas Chlorzink oder Talg), oder man erhitzt sie so stark, daß ein daran gehaltenes Stäbchen von Zinn schmilzt, und verreibt dann die hängengebliebenen Zinntropfen mittels eines Stückes Salmiak.

e) **Emaillieren.** Metall kann auch mit einer glasartigen Masse, **Email**, dauerhaft durch Einbrennen überzogen werden, falls die thermische Ausdehnung der beiden Stoffe nicht zu sehr verschieden ist. Bekannt ist **Wächters** Email, bestehend aus 3 Tln. Mennige, 2 Tln. weißem Sand und 3 Tln. Borsäure.

Rezepte, um Emailleglässer durch Zusammenschmelzen der angegebenen Bestandteile in einem hessischen Tiegel selbst herzustellen, sind folgende:

Farblos: 84 g weißes Bleioxyd (Bleiweiß), 36 g Borsäure, 5 g Borax (calciniert); **weiß:** ebenso + 10 g Zinnoxyd; **blau:** 84 g Mennige (engl.), 36 g Borsäure, 1 g Kobaltoxyd; **schwarz:** ebenso + 1 g Kupferoxyd; **rot:** ebenso wie blau, aber statt Kobaltoxyd 1 g Chlorgold; **braun:** ebenso, aber 1 g Kalibichromat; **grau:** ebenso, aber 2 g Nickeloxydul; **hellbraun:** ebenso, aber 1 g Manganoxyd; **grün:** ebenso, aber 1 g Kupferoxyd; **gelb:** ebenso, aber 1 g Wismutoxyd.

Gewöhnliche Emaille bezieht man besser fertig [1]), oder läßt die Emaillierung in einer Fabrik ausführen [2]).

f) **Versilbern von Glas.** Nach **Böttger** (1883) löst man: 1. 10 g Silbernitrat in destilliertem Wasser, fügt dann vorsichtig Ammoniak hinzu, bis der Niederschlag beim Umrühren fast verschwindet, filtriert und verdünnt auf 1 Liter. 2. 2 g Silbernitrat in etwas Wasser, gießt dasselbe in 1 Liter kochendes Wasser, fügt 1,16 g Seignettesalz zu, läßt kurze Zeit sieden, bis der Niederschlag grau geworden, und filtriert heiß. (Die Lösungen halten sich im Dunkeln einige Monate.)

Die mit Salpetersäure, Ätzkali und Alkohol gereinigte Glasfläche wird dann mit einer Mischung gleicher Raumteile beider Lösungen einige Millimeter hoch bedeckt, nach einer Stunde abgespült, dann die Operation erneuert, bis die gewünschte Stärke erreicht ist. Durch vorhergehendes Erwärmen der Mischung bis auf 70° wird die Ausfällung beschleunigt. Durch vorsichtiges Überreiben mit dem Ballen der Hand kann man den Spiegel polieren.

---

[1]) Z. B. von der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt vorm. **Rößler**, Frankfurt a. M. — [2]) Z. B. von den **Eisenwerken** in Gaggenau, Baden.

Nach einer neueren Mitteilung von Böttger (1884) reibt man 4 g kristallisiertes Silbernitrat in einer Porzellanschale recht fein, gibt dann tropfenweise so viel Ammoniak zu, bis die anfangs trübe Flüssigkeit sich klärt. Hierzu bringt man nun 1 g fein geriebenes schwefelsaures Ammoniak und 350 g destilliertes Wasser. An einem dunklen Orte aufbewahrt, hält sich diese Flüssigkeit in einer Flasche mit Glasstöpsel sehr lange.

Die zweite zur Reduktion dienende Lösung stellt man her aus 1,2 g reinem Stärke- oder Traubenzucker in 350 g destilliertem Wasser mit 3 g Ätzkali. Zum Gebrauch mischt man gleiche Raumteile beider Flüssigkeiten.

Ein anderes von H. Martin[1]) benutztes Verfahren ist: Man bereite zunächst 1. eine Lösung von 10 g salpetersaurem Silber in 100 g destilliertem Wasser; 2. eine wässerige Ammoniaklösung von der Dichte 0,985; eine solche erhält man genügend genau, wenn man zu 50 ccm käuflichem Salmiakgeist 80 ccm destilliertes Wasser fügt; 3. eine Lösung von 20 g kohlensäurefreiem Ätznatron in 500 g destilliertem Wasser.

Aus diesen drei Lösungen stellt man sich die Versilberungsflüssigkeit in folgender Weise her. Zu 12 ccm von Lösung 1 tropft man unter Umschütteln so lange Lösung 2 (etwa 8 ccm) zu, bis der Niederschlag eben aufgelöst ist, nicht bis die Lösung vollständig klar ist. Um zu vermeiden, daß Lösung 2 im Überschuß vorhanden, tropfe man noch ein wenig von Lösung 1 zu, bis wieder Ausscheidung erfolgt, und verdünne mit destilliertem Wasser, bis das Gesamtvolumen gleich 160 ccm ist. Die nicht ganz helle Lösung lasse man bis zum nächsten Tage stehen. Sie wird dann vollständig klar, ist zum Gebrauch fertig und hält sich im Dunkeln mehrere Wochen.

Die Reduktionsflüssigkeit erhält man folgendermaßen: 25 g Zucker in 200 g destilliertem Wasser gelöst, werden nach Zusatz von 1 ccm Salpetersäure 20 Minuten kochen gelassen, dann mit destilliertem Wasser auf 450 ccm ergänzt und endlich noch 50 ccm 96 prozentiger Alkohol dazu gesetzt. Die Lösung (sogenannter Invertzucker) hält sich monatelang.

Um die Gegenstände, z. B. Thermometer, zu versilbern, reinigt man sie gut mit Salpetersäure oder scharfer Seife und spült sie kräftig in Wasser. Während sie noch im Wasser stehen, mischt man in einem kleinen Reagenzglase 10 ccm Versilberungsflüssigkeit und 1 ccm Reduktionsflüssigkeit und taucht gleich, nachdem diese sorgfältig herzustellende Mischung fertig ist, das noch nasse Thermometer, welches an einem Stativ befestigt wird, ein. Die Silberausscheidung beginnt schon nach wenigen Sekunden und ist im diffusen Tageslicht in 20 bis 30 Minuten beendet. Falls nötig, kann sofort eine zweite Silberschicht auf der ersten niedergeschlagen werden.

Die versilberten Thermometer werden mit Wasser und schließlich mit Alkohol abgespült, der in der Regel reiner ist als destilliertes Wasser, und zum Trocknen aufgehängt. Der Überzug ist bereits nach einer Stunde so hart, daß er vorsichtig mit feinem Gemsleder und Pariserrot bis zum Spiegelglanz aufpoliert werden kann.

A. und L. Lumière empfehlen folgende Lösungen. Lösung A: Zu 100 ccm einer 10 proz. Silbernitratlösung wird tropfenweise so viel Ammoniak zugefügt, als eben ausreicht, den gebildeten Niederschlag wieder zu lösen. Die erhaltene Lösung ergänzt man durch destilliertes Wasser auf ein Liter.

---

[1]) Pogg. Ann. 120, 1863, S. 335.

Lösung B: Man verdünnt die 40proz. Formaldehydlösung des Handels mit destilliertem Wasser, bis man eine 1proz. Lösung erhält. (Sie ist ziemlich lange haltbar.)

Man reibt die Glasplatte mit einem mit Englischrot bedeckten weichen Lederlappen sauber ab, mischt schnell und vollständig 2 Vol. A mit 1 Vol. B und gießt die Mischung so über die zu versilbernde Fläche, daß sie dieselbe auf einen Schlag bedeckt.

In 5 bis 10 Minuten, bei einer Temperatur von 15 bis 19°, hat sich alles Silber der Lösung in vorzüglicher Schicht auf der Platte niedergeschlagen. Man wäscht mit Wasser ab.

Izarn (Compt. rend. **135**, 240, 1902) empfiehlt Formol. Zu 15 ccm einer 1proz. Lösung von frisch durch reines Ammoniak gefälltem Silbernitrat tropft man unter fortwährendem Schütteln Formol bis die Flüssigkeit sich färbt. Die Farbe ist zuerst rosa, dann violett und schließlich erscheint der Silberniederschlag. Die Dauer der Operation darf 1 Minute nicht überschreiten. Der Silberbeschlag wird sehr schnell hart und kann sofort poliert werden.

Sehr dauerhaft sind die Silberspiegel nicht. Es genügt nach Lohse (1884) Stückchen von Metallblech einige Stunden auf einen solchen Spiegel entweder unmittelbar, oder in geringem Abstande (1 bis 2 mm) aufzulegen, um deutliche Abdrücke dieser Metallbleche zu erhalten [1]).

g) Glas platinieren. Um Glas zu platinieren, werden nach Kundt 3 g Pt-Chlorid in 10 ccm absolutem Alkohol gelöst, sodann 30 ccm konzentrierte alkoholische Lösung von Borsäure und schließlich die doppelte Menge einer Mischung von venezianischem Terpentin und Lavendelöl zugesetzt, so daß die Mischung etwas dickflüssig wird. Man bringt einen Tropfen der Lösung auf die Glasplatte, legt eine zweite Platte darauf, so daß sich der Tropfen zwischen ihnen ausbreitet, zieht sie dann voneinander ab und erwärmt langsam in einem vorn offenen Muffelofen zu dunkler Rotglut. Die durch Einbrennen hergestellten Platinüberzüge haften sehr fest und können galvanisch wieder mit anderen Metallen überzogen werden [2]).

Durch Verwendung von Platin- oder Goldkathoden in äußerst stark evakuierten Recipienten werden auf gegenübergestellten Glasplatten beim Durchgange der elektrischen Entladung ebenfalls sehr dünne, glänzende Niederschläge erzeugt, die zu manchen Zwecken Verwertung finden können.

h) Glasätzen. In vielen Fällen ist es notwendig, Skalen u. dergl. auf Glas zu ätzen, da das Einritzen der Skalen mit dem Schreibdiamant, namentlich bei Glasröhren, keine schön geraden Striche liefert, indem man kein Lineal anwenden kann und außerdem das Glas an den geritzten Stellen immer gern bricht. Um auf Glas zu ätzen, reinigt man das Glas mit Lauge, wäscht es wieder mit Wasser und trocknet es mit Leinwand. Als Ätzgrund kann man gelbes Wachs mit Zusatz von etwas dunkler Tubenölfarbe nehmen, welches man auf die erwärmte Röhre

[1]) Über die Herstellung von Kupferspiegeln auf Glas siehe Weißkopf u. Co., Chem. Ztg. 25, S. 910, 1901. — [2]) Glanzgold, Glanzsilber zur Herstellung dünner Gold- und Silberüberzüge auf Glas oder Porzellan liefern die Gold- und Silberscheideanstalt in Frankfurt a. M.; W. C. Heraeus, Hanau und Aug. Herbst, Lackfabrik, Arnstadt i. Th. Letztere liefert auch flüssige Metallüsterfarbe. Über das Auftragen farbiger und schwarzer Zeichnungen und Schriftzüge durch Einschmelzen siehe Carl Wetzel, Die Bearbeitung von Glaskörpern. Wien, Hartleben, S. 207 ff.

mittels eines Pinsels dünn aufträgt. Einen besseren Ätzgrund gibt der Kupferstecherfirnis, den man erhält, wenn man 2 Tle. weißes Wachs, 1 Tl. Mastix, 1/2 Tl. Asphalt und 1/2 Tl. Terpentin in einem neuen irdenen Topfe bei gelindem Feuer etwa eine halbe Stunde lang im Flusse erhält, damit die Unreinigkeiten zu Boden sinken, sodann den oberen Teil der Masse in Wasser gießt und daraus einen eigroßen Ballen formt, den man in ein Stückchen Seidenzeug bindet. Mit diesem Ballen bestreicht man die erwärmte Thermometerröhre. Ist der Firnis erkaltet, so radiert man die Skala mit einer stählernen Nadel ein.

Gießt man käufliche flüssige Flußsäure [1]) auf den Gegenstand, welche durch einen Wachsrand an ihrer Stelle erhalten wird, so wird die geätzte Stelle glänzend.

Am einfachsten überpinselt man die Teilung mittels eines an einem Draht befestigten Wattebäuschchens mit konzentrierter (rauchender) Flußsäure mit der Vorsicht, die Hände, namentlich die Fingerspitzen, vor Berührung mit der Säure zu schützen, wäscht dann die Flußsäure mit viel Wasser ab, trocknet das Rohr und entfernt den Wachsüberzug durch Erwärmen.

Um matte Ätzung zu erhalten, kann man dampfförmige Flußsäure benutzen. Es wird in eine entsprechend lange Bleirinne gepulverter Flußspat gebracht, mit gleichviel Vitriolöl befeuchtet und das Glas mit der geteilten Skala entweder dicht darüber angebracht, oder in einer Entfernung von etwa 1 dcm befestigt, wobei aber die Flußsäuredämpfe durch ein über die Röhre gehängtes Papier zusammengehalten werden müssen. Der Apparat wird unter einen Kamin gestellt, so daß der Luftzug von einem gegenüber geöffneten Fenster die flußsauren Dämpfe von dem Arbeiter wegtreibt, da dieselben sehr schädlich sind. Die Entwickelung des Gases geht bei gewöhnlicher Lufttemperatur schon vor sich, allein nur langsam; man erwärmt daher die Bleirinne gewöhnlich gelinde mit der Weingeistlampe, wobei weiße Dämpfe aufsteigen, in welchen man die Skala läßt, bis die früher glänzenden Teilstriche weiß erscheinen, worauf man unter Erwärmung den Ätzgrund mit Fließpapier und etwas Terpentinöl abwischt. Gewöhnlich werden die Teilstriche durch den Finger mit Tusche eingerieben oder mit Zinnober, den man mit Terpentinöl angemacht hat, und das übrige durch Fließpapier abgewischt.

Eine andere Vorschrift ist folgende. Man löst 250 g Fluorwasserstoff-Fluorkalium mit 140 g schwefelsaurem Kali in 1000 g Wasser, setzt 250 g Salzsäure hinzu, legt die präparierte Glastafel auf die mit Kitt bestrichenen Ränder des (bleiernen) Gefäßes und drückt sie fest an. Nach einiger Zeit hebt man ab, spült und entfernt den Ätzgrund.

Auch Flüssigkeiten, welche matt ätzen, lassen sich herstellen [2]). Ein Beispiel ist folgende Mischung. In 240 g konzentrierte Flußsäure werden nach und nach 600 g pulverisierte Kristallsoda eingeschüttet und gleichzeitig mit einem Holzstab gut umgerührt, sodann nach und nach 1 Liter Wasser zugegossen und schließlich noch mit

[1]) Fluorwasserstoffsäure ist zu beziehen von Dr. Th. Schuchardt, Chem. Fabrik, Görlitz, das Kilogramm zu etwa 1 Mk. Platinflaschen (Gewicht 80 g) zum Aufbewahren von Flußsäure liefert G. Siebert, Platinaffinerie, Hanau a. M. Die gewöhnlich benutzten Guttaperchaflaschen sind nicht sehr haltbar. — [2]) Solche sind zu beziehen von der chemischen Fabrik Fluor bei Siptenfelde und von Dr. Heinrich König in Leipzig-Plagwitz. Die Flüssigkeiten müssen auf 40 bis 50° erhitzt werden, die Ätzung geschieht in zwei bis fünf Minuten. Verschiedene Rezepte findet man im Taschenbuch für Präzisionsmechaniker 2, 127, 1902.

dem 5- bis 10 fachen Volumen Wasser verdünnt. Je mehr man verdünnt, um so feiner, aber um so durchscheinender wird die Mattierung. Die Lösung muß etwa eine bis zwei Stunden einwirken [1]).

Man soll mit Flußsäure nie ohne Gummifinger oder Gummihandschuhe arbeiten und außerdem nach der Arbeit die Hände gründlich mit starker Sodalösung abspülen. Ganz besonders muß man sich davor hüten, daß die Säure an die Fingernägel oder die Nagelwurzel gelangt. Eine mit Flußsäure verbrannte Hautstelle schmerzt nicht sofort, sondern oft erst nach einem Tage, wird rot, bricht auf und läßt eine wasserhelle Gallerte austreten. Sie heilt sehr schwer wieder zu.

i) **Metallätzen.** Zum Ätzen von Eisen und Stahl kann man z. B. ein mit Wasser angefeuchtetes Gemisch von gleichen Teilen Kupfervitriol und Kochsalz benutzen [2]).

Eiserne Gegenstände überziehen sich gewöhnlich während der Verarbeitung mit einer Oxydschicht. Um dieselbe zu entfernen und die reine Metallfarbe zum Vorschein zu bringen, werden sie in verdünnter Schwefelsäure gebeizt.

Kupfergegenstände beizt man mit Salpetersäure, Messing wird mit Vitriolöl gereinigt.

Das Verfahren von Rienstädt siehe S. 343.

76. Chemische Arbeiten. a) Die Einrichtung der chemischen Küche. Manche Versuche erfordern chemische Arbeiten, wie Filtrieren, Abdampfen, Kochen u. s. w. [3]). Die Wände des dafür bestimmten Raumes müssen sich abwaschen lassen. Zweckmäßig dürfte Belegung mit Glas-Wandfliesen [4]) sein oder mit glasierten Tonfliesen.

Zum Aufbewahren der nötigen Gerätschaften und Chemikalien sind mindestens drei Schränke erforderlich; nämlich: 1. ein Glas- und Porzellanschrank, enthaltend: Reagenzgläser, Standcylinder, Kristallisierschalen, Bechergläser, Glaströge, Porzellanwannen, Pipetten, Büretten, Maßcylinder, Löffel, Spatel [5]), Rührstäbe, Trichter, Platinkegel, Filter, Filterhüte, Siebe, Mörser, Reibschalen, Papierschälchen, Tonplatten, Glasschalen, Porzellanschalen, emaillierte Schalen, Platinschalen, Pfannen, Porzellantiegel, hessische Tiegel, Graphittiegel, Eisentiegel, Platintiegel, Retorten,

---

[1]) Über eine Flüssigkeit zum Glasätzen, welche aus zwei in gewöhnlichen Glasflaschen aufzubewahrenden Lösungen durch Mischung erhalten wird, siehe Beiblätter 1894, S. 799. Über eine andere Flüssigkeit zum Glasätzen ibid. 1891, S. 525. Eine Fabrik, in welcher solche Ätzungen ausgeführt werden, ist Adolf Schell, Glasätzerei, Offenburg i. B. — [2]) Verschiedene Rezepte zum Ätzen findet man im Taschenbuch für Präzisionsmechaniker 2, 361 (1902). — [3]) Anleitung hierzu geben die Lehrbücher der Chemie, z. B. Heumann, Anleitung zum Experimentieren u. s. w. Die erforderlichen Gerätschaften sind zu beziehen von Dr. Bender u. Dr. Hobein, München, Gabelsbergerstraße 76a; Max Kähler u. Martini, Berlin W., Wilhelmstr. 50; Franz Müller (Dr. H. Geißlers Nachf.), Bonn a. Rh.; Dr. Rob. Müncke, Berlin NW., Luisenstr. 58; Warmbrunn, Quilitz u. Co. in Berlin; Leybolds Nachf. in Köln; Wallachs Nachf. in Kassel; C. Desaga, Heidelberg; A. Treffurth, Ilmenau i. Th.; C. Heinz, Aachen; L. Hormuth, Heidelberg; Ehrhardt u. Metzger, Darmstadt, Elisabethenstr. 47; Greiner u. Friedrichs, Glasfabrik, Stützerbach i. Th.; C. Gerhardt, Marquarts Lager chemischer Utensilien, Bonn; Emil Gundelach, Gehlberg i. Th.; Franz Schilling, Gehlberg i. Th.; Alt, Eberhardt u. Jäger, Ilmenau i. Th.; F. A. Kühnlenz, Frauenwald i. Th. u. a. — [4]) Zu beziehen von J. C. Duntze, G. m. b. H., Frankfurt a. M. — [5]) Spatel nach Fig. 1794 bis 1796 liefert Fr. Hugershoff in Leipzig, Carolinenstr. 13.

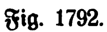
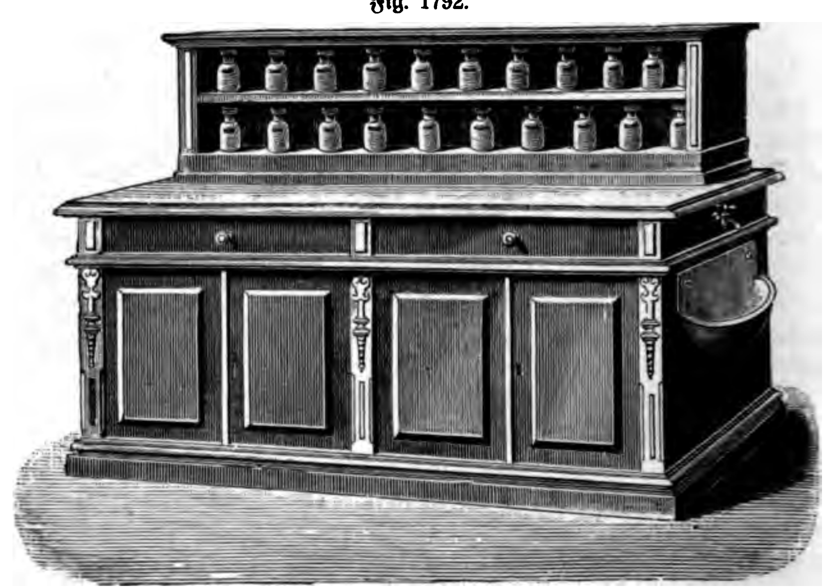


Fig. 1792.



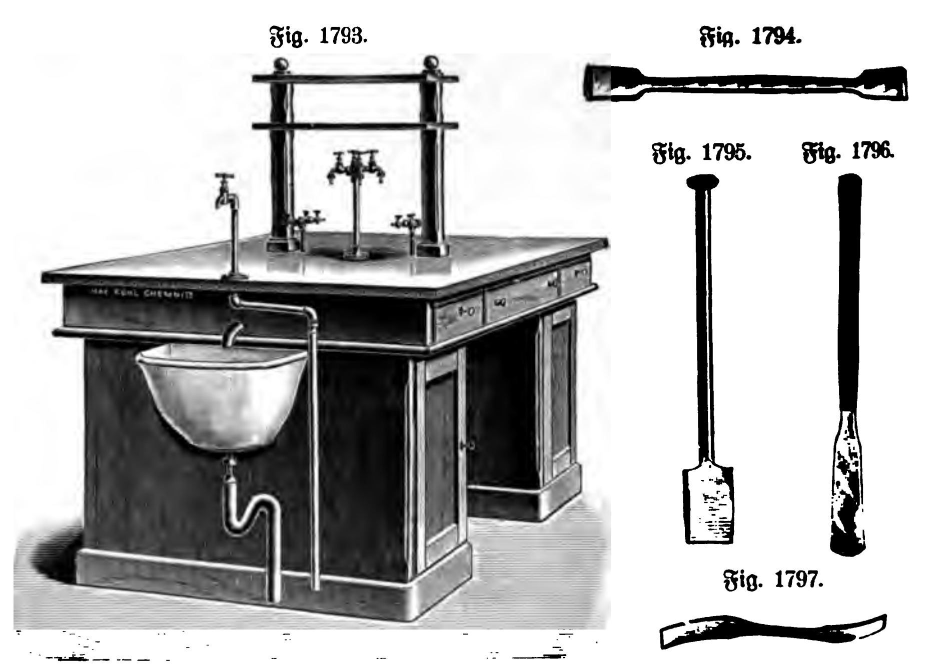


Fig. 1793. Fig. 1794. Fig. 1795. Fig. 1796. Fig. 1797.

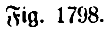


Fig. 1798.



Vorlagen, Kochflaschen, Kolben, Woulffsche Flaschen, Trockenröhren, Trockentürme, Glashähne, Pulvergläser, Pulvergläser mit Glasstöpsel, Flaschen, Flaschen mit Glasstöpsel, Präparatengläser u. s. w.[1]). 2. Ein Schrank mit Metall- und Holzgeräten, wie Brenner, Dreifüße,

[1]) Besonders zweckmäßig scheinen Kautschukpropfen, die sich ineinanderschieben lassen, wie Fig. 1798 andeutet, zu beziehen von Fr. Hugershoff in Leipzig, Carolinenstr. 13.

Fig. 1799. Fig. 1800.



Fig. 1801.

Stative, Stativringe, Stativklemmen, Reagenzglashalter, Tiegelzangen, Rührapparate u. s. w. 3. Ein **Chemikalienschrank** (Fig. 1799, Lb 90) mit verschließbaren Abteilungen für **Gifte** und für besonders **kostbare Präparate** [1]).



Fig. 1802.

Sehr zweckmäßig sind Schränke, bei welchen Schäfte von ganzer und halber Tiefe abwechseln, oder bei welchen die Schäfte treppenartig mit mehreren Stufen versehen sind, so daß man eine Reihe kleiner Flaschen hintereinander setzen kann, ohne daß die Etiketten der hinteren Flaschen durch die vorderen verdeckt werden [2]).

Ferner wird gebraucht ein **großer Tisch** nebst den nötigen **Leitungen** für Gas, Wasserluftpumpe, Gebläse und elektrischen Strom, ein **Wasserstein** [3]) und ein **Digestorium** (Abzug für schädliche Dämpfe).

Zum **Wasserstein**, der recht breit sein muß, gehören geneigt stehende, mit Zinkblech überzogene Tropfbretter mit Wasserabfluß zum Abtropfen der gereinigten Gläser.

---

[1]) Chemische Präparate in größter Auswahl sind zu beziehen von **E. Merck**, chemische Fabrik in Darmstadt; Dr. **Theod. Schuchardt**, Görlitz, Schlesien.; **Schering**, Berlin N., Chausseestr. 19; **Kahlbaum**, Berlin, u. a. Panzerschränke sind zu beziehen von **Pohlschröder** u. Co., Geldschrankfabrik, Dortmund; **Schindler**, Karlsruhe, u. a. — [2]) Solche Schränke liefert **Fr. Hugershoff**, Leipzig, zu 125 bis 225 Mk. — [3]) Tische mit Schränken und Aufsätzen, sowie Wasserleitung und Wasserabflußbecken sind dargestellt in den Figuren 1792 (Lb 160) und 1793 (K 275). (Vergl. auch S. 243.) Fläschen mit Glasstöpsel zeigt Fig. 1800, Pulvergläser mit Glasstöpsel Fig. 1801 und eine Korbflasche auf Gestell (nach **Hugershoff**) Fig. 1802.

Derselbe ist nach Art eines Tisches mit Füßen versehen, zwischen welchen die Tropfbretter Schäfte bilden. Das Ablaufrohr, in welches auch die Rinnen der Tropfbretter einmünden, wird einfach in die etwas weitere Öffnung des in der Wand eingemauerten Ablaufrohres eingesteckt. Das Digestorium kann ganz aus Glas und Eisen hergestellt werden, was den Vorzug hat, daß das Innere möglichst hell ist und das Schiebefenster sich nicht verziehen kann, doch müssen die Eisenteile gegen Verrosten geschützt sein.

b) Zerkleinern und Abmessen. Das Abmessen der zu mischenden Teile erfordert Vorrichtungen zum Pulverisieren fester Körper wie: Mörser (Fig. 1803 u. 1804), Reibschalen aus Porzellan und Achat (Fig. 1805 u. 1806) und für

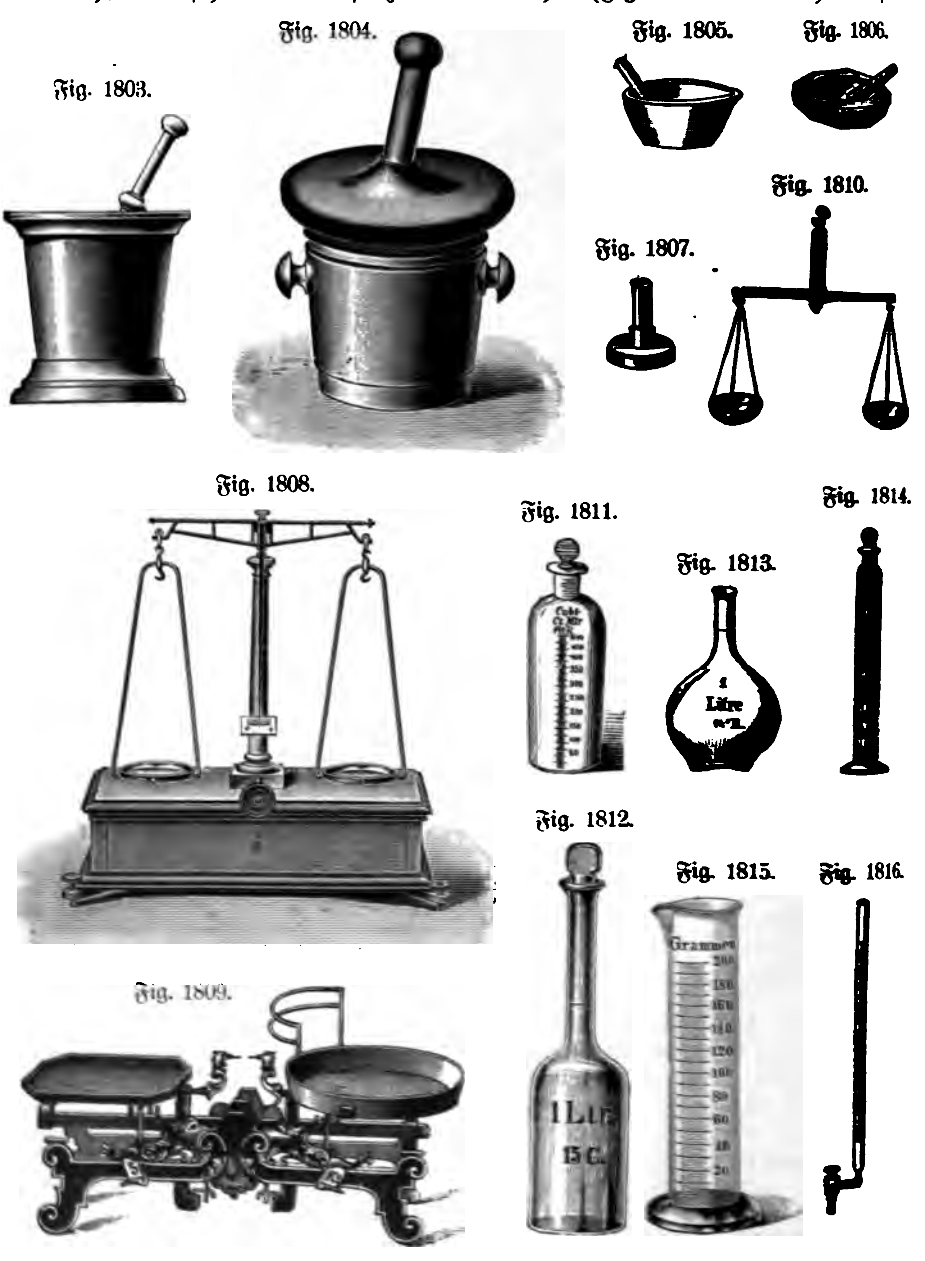


Fig. 1803. Fig. 1804. Fig. 1805. Fig. 1806. Fig. 1807. Fig. 1808. Fig. 1809. Fig. 1810. Fig. 1811. Fig. 1812. Fig. 1813. Fig. 1814. Fig. 1815. Fig. 1816.

ehr harte Körper Stahlmörser (Fig. 1807). Zum Abwägen dienen einfache Wagen (Fig. 1808) und feine chemische Wagen; zum Abmessen von Flüssigkeiten Meßflaschen, Pipetten, Büretten und Maßcylinder (Fig. 1811 bis 1816); um Mischen der Flüssigkeiten Reagenzgläser, Bechergläser (Fig. 1817 bis 1819), Standcylinder (Fig. 1820 bis 1823), Schüttelcylinder (Fig. 1824) u. s. w.

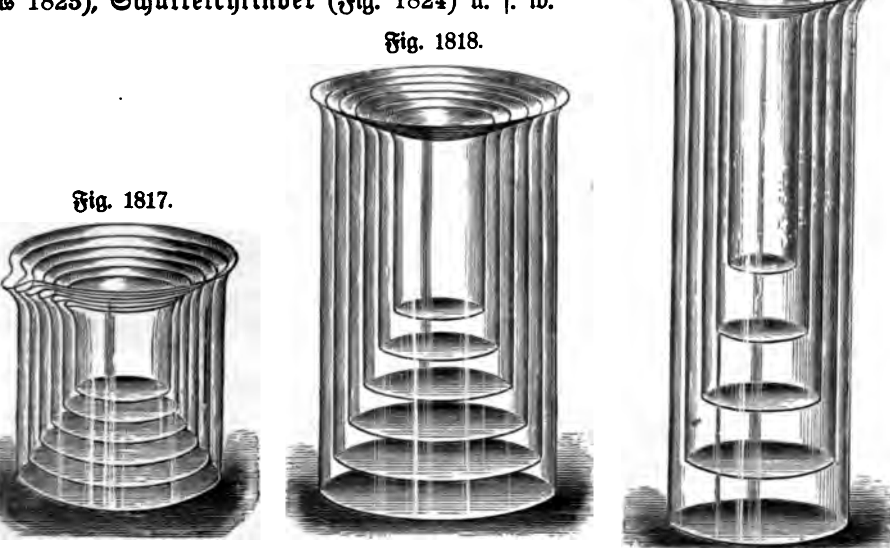


Fig. 1817. Fig. 1818. Fig. 1819.

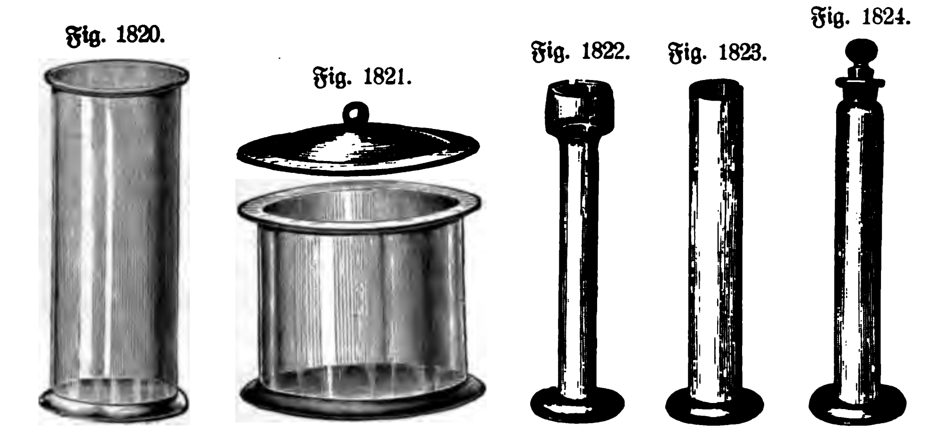


Fig. 1820. Fig. 1821. Fig. 1822. Fig. 1823. Fig. 1824.

c) Filtrieren, Trocknen und Umkristallisieren. Zum Filtrieren gebraucht man zweckmäßig Faltenfilter[1]) (Fig. 1825) oder glatte Filter in Trichtern mit gerippter Innenseite. (Fig. 1826.)

Zum Halten des Trichters dient ein Ringstativ, z. B. das einfache Stativ (Fig. 1826). Zur Beschleunigung des Filtrierens kann man den Trichter mittels eines doppelt durchbohrten Korks auf einen Kolben (Fig. 1827) setzen, aus welchem mittels der Wasserluftpumpe die Luft aufgesaugt wird. Durch Einlegen eines die Filterspitze umgebenden und stützenden Konus aus dünnem Platinblech oder eines

[1]) C. Schleicher u. Schüll, Düren (Rheinland), liefern gehärtete Faltenfilter, welche nicht leicht zerreißen.

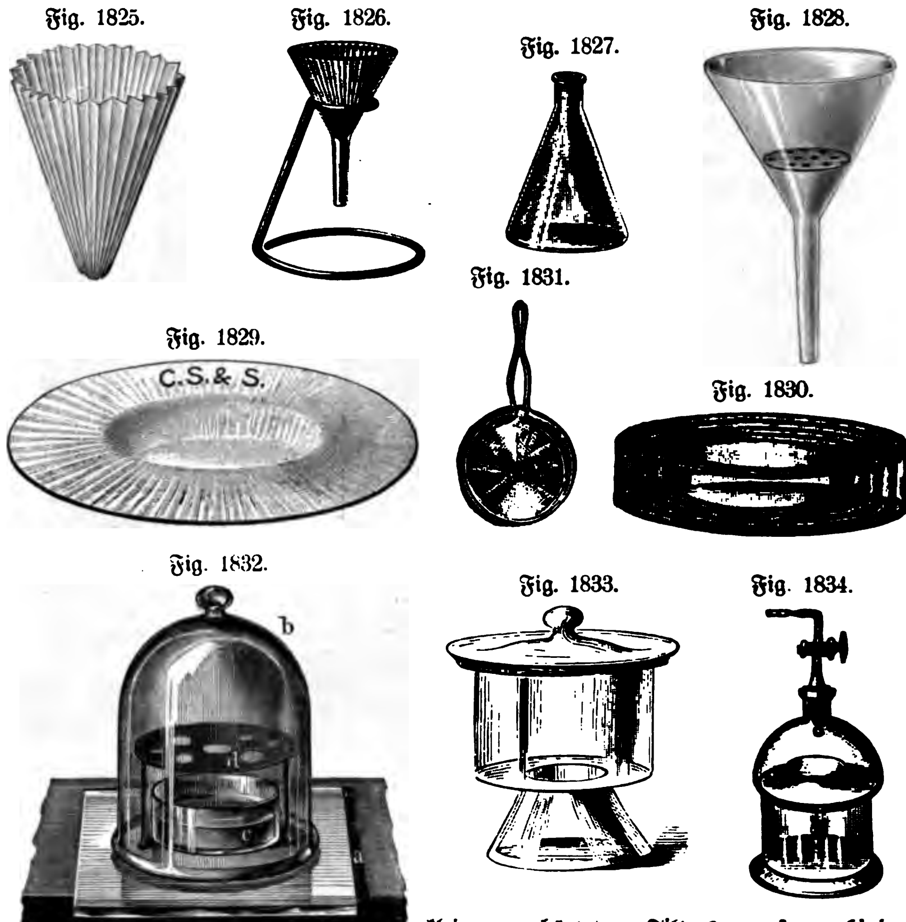


Fig. 1825. Fig. 1826. Fig. 1827. Fig. 1828. Fig. 1829. Fig. 1830. Fig. 1831. Fig. 1832. Fig. 1833. Fig. 1834.



Fig. 1835.

kleinen gehärteten Filters muß verhindert werden, daß das Filter durch den äußeren Luftdruck durchgedrückt wird. Weniger zu befürchten ist dies bei dem sogen. Nutschenfilter (Fig. 1828), bei welchem das Filter auf einer durchlöcherten Porzellanplatte liegt, die, wie die Figur zeigt, in den Trichter eingelegt wird, oder bei Filterhüten, welche in einen siebartig durchbrochenen Trichter aus Porzellan eingelegt werden.

Um Kristalle von anhängender Mutterlauge zu befreien bringt man sie auf Filtrierpapier oder eine Fließpapierschale (Fig. 1829) oder einen unglasierten Teller aus Ton.

Zum Umkristallisieren werden Kristallisierschalen[1] (Fig. 1830) und Uhrgläser (Fig. 1831) gebraucht und speziell zur Beschleunigung des Verdunstens

[1]) Glasschalen von jeder Größe liefern Sievert u. Co., Dresden, Winkelmannstr. 1. Eckige Gefäße 100 cm lang, 60 cm breit und 60 cm hoch kosten 65 Mk.; cylindrische von 1 m Durchmesser und 1 m Höhe 84 Mk.

wässeriger Lösungen oder zum völligen Trocknen pulverförmiger Körper die Exsikkatoren.

Bei der Form (Fig. 1832) wird in die Schale Schwefelsäure oder Chlorcalcium eingefüllt, der Dreifuß mit dem Schälchen darüber gestellt, dann das Ganze mit der Glasglocke bedeckt. Bei der Form Fig. 1833 ist die Glocke durch einen ebenen aufgeschliffenen Deckel ersetzt, und das Chlorcalcium kommt direkt in die untere Hälfte.

Rationeller sind Hempels Exsikkatoren (Fig. 1834), bei welchen sich die Schwefelsäure in einer rinnenförmigen Erweiterung des Deckels befindet, da der Wasserdampf, weil leichter als die Luft, die Tendenz hat, nach oben zu steigen. Bei der abgebildeten Form kann das Trocknen noch durch Auspumpen der Luft mit der Wasserluftpumpe befördert werden.

Zum Trocknen in der Wärme dient das Luftbad oder der Trockenkasten (Fig. 1835), welcher durch einen untergesetzten Brenner geheizt wird.

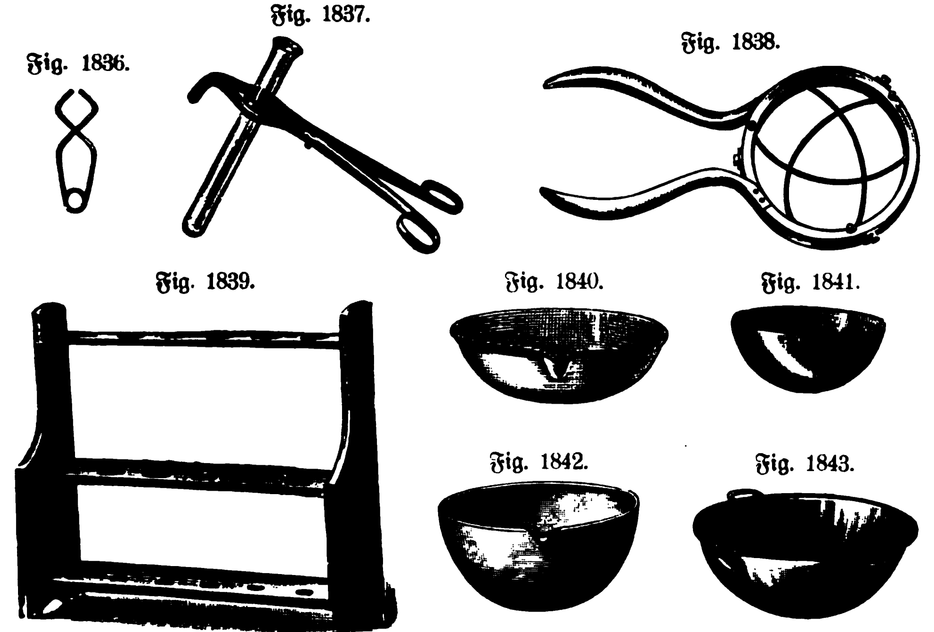


Fig. 1836. Fig. 1837. Fig. 1838. Fig. 1839. Fig. 1840. Fig. 1841. Fig. 1842. Fig. 1843.

d) Kochen, Abdampfen, Schmelzen. Kleine Flüssigkeitsmengen werden in Reagenzgläsern erhitzt, welche mittels eines passenden Halters (Fig 1836)[1]) gehalten und nach dem Erhitzen in ein hölzernes Gestell (Fig. 1839) eingestellt werden. Zum Erhitzen größerer Flüssigkeitsmengen sind Porzellanschalen von runder oder flacher Form (Fig. 1842 u. 1840), Schalen von emailliertem Eisen (Fig. 1841 u. 1843), sowie Kochflaschen oder Kolben mit flachem oder rundem Boden (Fig. 1844 u. 1845) erforderlich, und zwar ist zum Erhitzen von Porzellanschalen, Bechergläsern und Kochflaschen eine Asbest- oder Drahtnetzunterlage zur Verhütung des Springens der Gefäße häufig nicht zu entbehren[2]).

[1]) Fig. 1837 zeigt eine als Reagenzglashalter ausgebildete Tiegelzange. Einen Halter zum Einspannen von Bechergläsern nach Fig. 1838 liefert Fr. Hugershoff in Leipzig, Carolinenstr. 13, zu 3,75 Mk. — [2]) Kolben, Bechergläser u. s. w. aus sehr widerstandsfähigem Glase, welche unbedenklich ohne Drahtnetz zum Erhitzen von Flüssigkeiten ge=

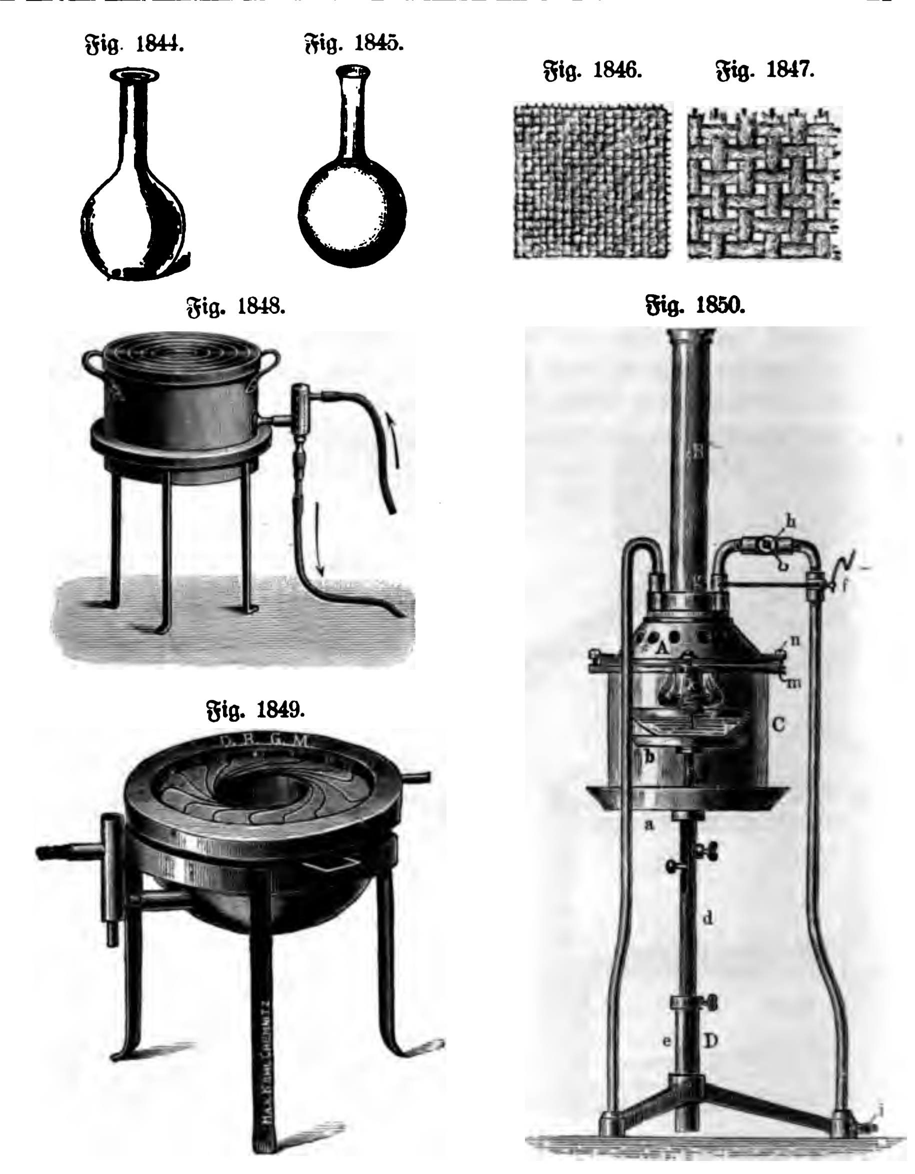


Fig. 1844. Fig. 1845. Fig. 1846. Fig. 1847. Fig. 1848. Fig. 1850. Fig. 1849.

Zum Eindampfen von Lösungen, welche beim **Kochen stoßen und spritzen**, dient gewöhnlich das Wasserbad (Fig. 1853, 1848 u. 1849, **letztere zwei** mit automatischem Wasserzufluß). W. Hempel ist es gelungen, **derartige Flüssigkeiten**

---

braucht werden können, liefert das Glastechnische Laboratorium von **Schott u. Genossen** in Jena. In einem solchen Gefäße kann man ohne **Drahtnetz auf dem Gasgebläse** ein Liter Wasser in $3^1/_2$ bis 4 Minuten zum Sieden bringen. **Drahtgewebe verschiedenster** Art liefern Pabst u. Kilian, Drahtweberei, G. m. b. H., **Raguhn (Anhalt). Über Drei**füße und andere Stative zum Erhitzen siehe oben S. 267. **Hugershoff, Leipzig**, liefert weit- und engmaschiges Asbesteisendrahtnetz, bestehend **aus mit Asbest umsponnenem** Eisendraht (Fig. 1846 u. 1847), welches haltbarer sein soll **als gewöhnliches Drahtnetz. Bender u. Hobein**, München; **Kähler u. Martini, Berlin; Leybolds Nachf., Köln u. a.** sind Bezugsquellen für die anderen dargestellten **Geräte. Den Abzugsschrank** Fig. 1851 (vgl. S. 333) liefert **Max Kohl, Chemnitz**.

alles Stoßen relativ sehr rasch einzudampfen durch Erhitzung von oben her,
ls des Fr. Siemensschen Regenerativbrenners. Der Apparat (Fig. 1850)
sich zusammen aus dem Regenerativbrenner *A* mit Abzugsrohr *B*, dem ab-
engten Glascylinder *C* und dem hoch und tief stellbaren Tellergestell *D*. Der
r *a* wird mit Seesand an die Glasglocke *C* angedichtet. Dieses einfache Mittel

Fig. 1851.



bietet den Vorteil, daß man vollkommen ausreichenden Schluß des Apparates erhält, ohne eine sehr genaue Arbeit der betreffenden Teile notwendig zu machen. Das Tellergestell *D* gestattet eine doppelte Verschiebung, es ist nämlich einerseits die Röhre *d* in dem weiten Rohre *e* verstellbar, anderseits der Eisenstab *c* mit dem Schalenträger *b* nochmals in *d* beweglich. Dadurch wird es möglich, die Stellung der abzudampfenden Flüssigkeit jeden Augenblick, ohne den Apparat zu öffnen, beliebig gegen die Flamme zu regulieren[1]).

Will man die Lampe benutzen, so dreht man die Flamme ganz klein, öffnet dann den Glascylinder *C* durch Verschieben des Tellers *a* nach unten, setzt die Abdampfschale, den Tiegel oder was man sonst zur Aufnahme der Flüssigkeit verwendet hatte, auf den Schalenträger *b*, schließt hierauf die Glocke und dreht dann die Flamme wieder voll auf. Die Verdampfung beginnt sofort, da die Flüssigkeit

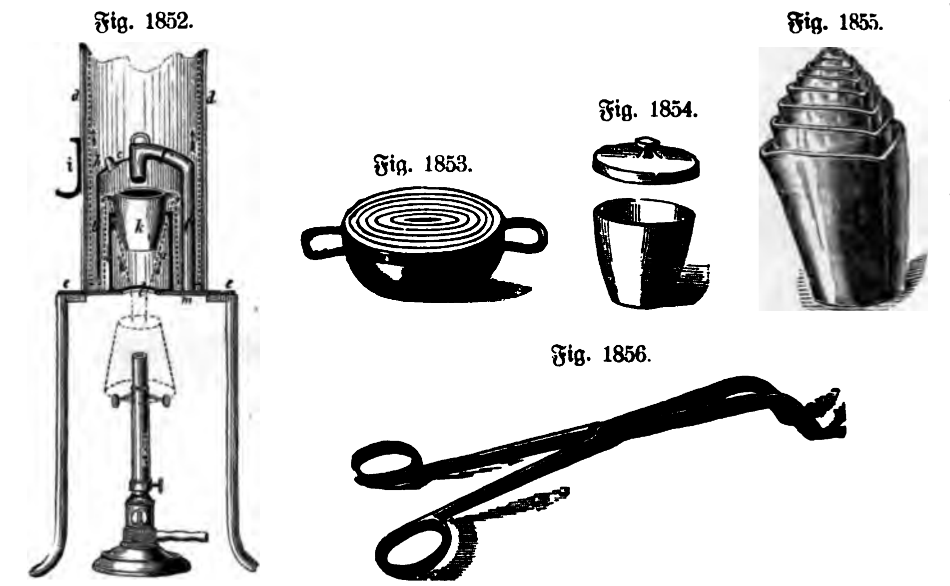


Fig. 1852. Fig. 1853. Fig. 1854. Fig. 1855. Fig. 1856.

von oben her zu sieden anfängt, es also nicht einmal nötig wird, daß die ganze Masse derselben auf ihren Siedepunkt kommt. Trotz der stärksten Verdampfung gewahrt man nicht das geringste Wellen oder Spritzen, die Flüssigkeit steht scheinbar ganz ruhig und verdampft doch mit der größten Schnelligkeit. Selbst die am heftigsten stoßenden Flüssigkeiten können ohne jede Schwierigkeit konzentriert werden. Da die Flamme die Abdampfgefäße nicht berührt, so ist deren Material vollständig ohne Einfluß auf den Prozeß[2]). In Holz- und Papierschalen können Fluorwasserstofffluorammonlösungen mit größter Leichtigkeit konzentriert werden.

Vorausgesetzt, daß man die Lösungen nur nicht zu weit eindampfen läßt,

[1]) Dieser Apparat wird von der Fabrik patentierter Beleuchtungsapparate von Fr. Siemens, Dresden A, Fabrikstraße 5, für Schalen bis 120 und 270 mm Durchmesser ausgeführt (Preis 80 bis 100 Mk.). — [2]) W. C. Heräus in Hanau u. Dr. Siebert u. Kühn, Kassel, liefern Apparate aus in Iridiumtiegel mittels des Knallgasgebläses geschmolzenem Bergkristall, welche von Reagenzien nicht, wenigstens bei gewöhnlicher Temperatur, angegriffen werden, deren Erweichungspunkt etwa 800° höher liegt als der des Glases und welche den schnellsten und größten Temperaturunterschieden ausgesetzt werden können, ohne Schaden zu leiden.

werden auch organische Körper trotz der direkten Einwirkung der Flamme auf die Flüssigkeit nicht zersetzt, da das Eindampfen hauptsächlich durch die von der blendend weißen Flamme ausgestrahlte Wärme, nicht durch geleitete Wärme erfolgt. Da die Vermutung nahe lag, daß die zu verdampfenden Flüssigkeiten viel Schwefelsäure aus den Flammengasen bei dieser Art des Erhitzens aufnehmen könnten, so wurde dies in besonderen Versuchen untersucht. Dabei zeigte sich, daß die Aufnahme von Schwefelsäure um so geringer war, je näher die Flüssigkeit der Flamme gebracht wurde. Bringt man die Flamme unmittelbar auf die Oberfläche, so findet keine Aufnahme von Schwefelsäure statt.

Die Hitze der Flamme ist so groß, daß man mit Leichtigkeit Salmiak sublimieren kann. Die Eisenteile des Brenners werden beim Verdampfen von Säuren nicht angegriffen, wenn man nur dafür sorgt, daß der Brenner heiß ist, solange die Dämpfe mit ihm in Berührung kommen. Obgleich der Brenner viel mehr Gas gebraucht als die gewöhnlichen Bunsenbrenner, so ist doch trotzdem der Gaskonsum im Vergleich zur verdampften Flüssigkeit gering.

Zu starker Erhitzung (z. B. Schmelzen) über dem Bunsen- oder Gebläsebrenner, eventuell in Hempels Ofen (Fig. 1852) dienen Porzellantiegel (Fig. 1854), sowie hessische Tiegel (Fig. 1855) Graphit-, Eisen- und Platintiegel[1]). Nichtmetallische Tiegel müssen langsam angewärmt werden. Zum Anfassen dient die Tiegelzange, Fig. 1856.

Hat man einen größeren Tiegel in einem Ringe stark oder bis zum Glühen erhitzt, so nimmt man ihn vor dem Erkalten mit der Tiegelzange heraus, da er andernfalls infolge der durch Kontraktion des Ringes infolge der Abkühlung hervorgerufenen Spannung sich später nur mühsam entfernen ließe oder gar Veranlassung würde, daß der Ring an einer Stelle aufreißt, falls der Tiegel nicht etwa selbst zerdrückt wird[2]).

e) Destillation. Ein sehr einfacher Kühlapparat ist in Fig. 1857 dargestellt. Derselbe besteht aus einer etwa 3 cm weiten und 3 bis 4 dm langen Glasröhre, in welche mitten hindurch eine zweite, etwa 5 bis 8 mm weite Röhre gesteckt ist, die beiderseits darüber hinausragt und durch gut passende Korkstöpsel geht; diese zweite Röhre ist auf der einen Seite, wo sie nur wenig vorsteht, etwas erweitert, auf der anderen Seite aber, wo sie 1 dm vorsteht, etwas verengt; auf der letzteren Seite geht durch den Kork eine zweite, nur etwa 3 mm weite und 15 bis 20 cm lange Röhre hindurch, welche in einem etwas spitzigen Winkel gebogen ist und in einen kleinen Trichter *d* endet. Am anderen Ende geht ebenfalls eine zweite zweimal rechtwinklig gebogene Röhre *g* durch den Kork. Diese beiden engen Röhren befinden sich gerade gegenüber. Man befestigt nun diesen Kühlapparat so, daß die Röhre mit dem Trichter senkrecht steht, daß also die Kühlröhre eine etwas geneigte Lage erhält, ihr oberes Ende aber doch noch niedriger liegt als der Trichter, und

---

[1]) Platintiegel und andere Platingeräte liefern W. C. Heräus in Hanau; G. Siebert in Hanau; Franz Eisenach u. Co., Platinaffinerie und Schmelze, Offenbach a. M., Moltkestr. 10, u. a. — [2]) Elektrisch geheizte Öfen liefert W. C. Heräus in Hanau a. M. und zwar: a) Öfen für Tiegel von 30 bis 40 ccm mit Heizspule aus Nickeldraht für Erhitzung bis 1000°, Stromverbrauch 600 Watt, oder mit Platinspirale für 1200° bei 1200 Watt Stromverbrauch zu 30 Mk.; b) Röhrenöfen mit Nickeldrahtspirale, höchste Temperatur 1000°, 800 Watt Stromverbrauch oder mit Platinspirale für 1500° und 1500 Watt zu 36 Mk. Fig. 1859 (K, 120 bis 180) stellt einen Lichtbogenofen dar.

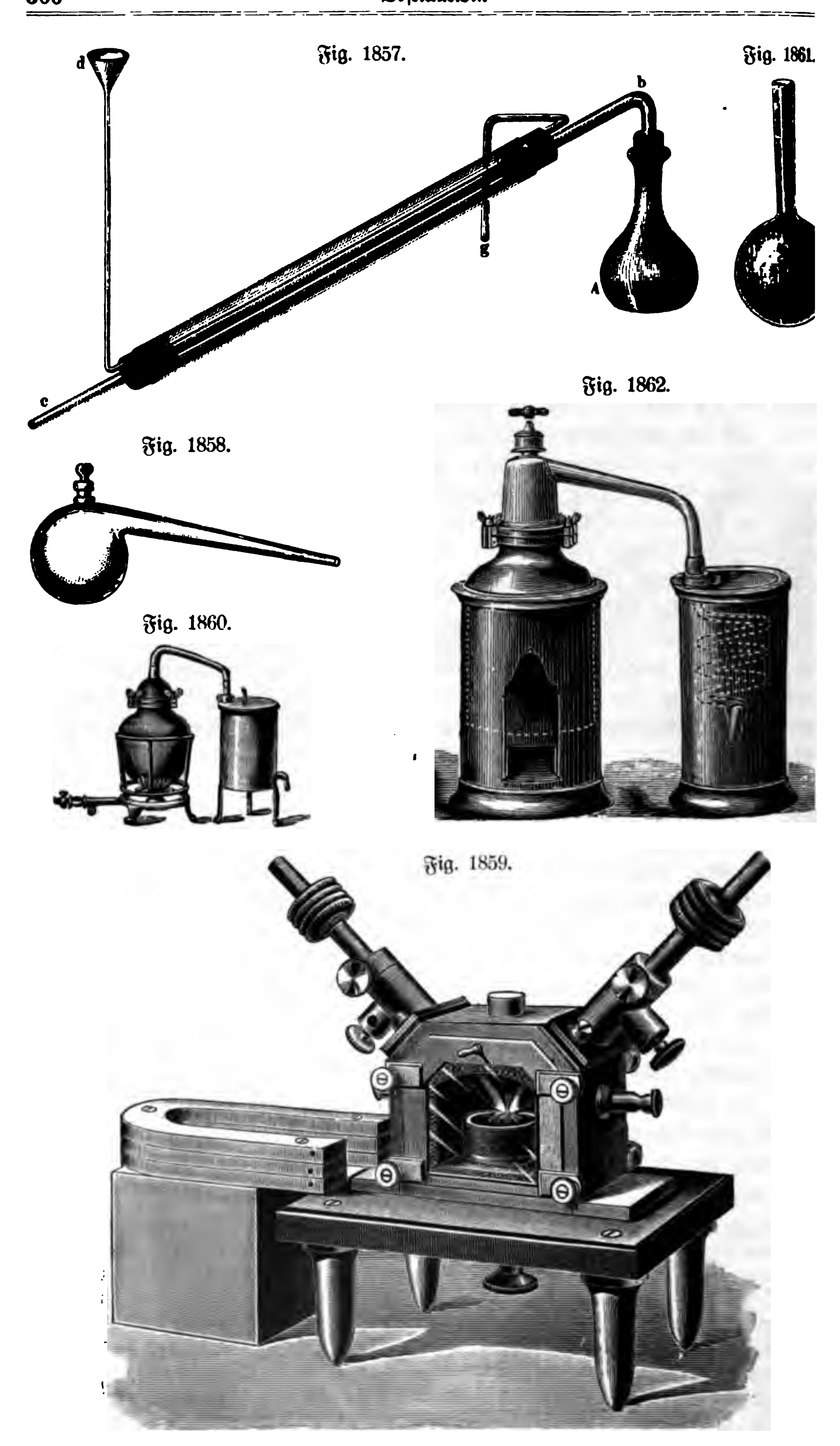


Fig. 1857.

Fig. 1861.

Fig. 1858.

Fig. 1862.

Fig. 1860.

Fig. 1859.

steckt in das erweiterte Ende der inneren Röhre den Hals einer kleinen Retorte (Fig. 1858), welche die zu destillierende Flüssigkeit enthält, oder das von einer kleinen Flasche *A* kommende gekrümmte Rohr. Durch den Trichter füllt man Wasser ein, welches das weite Rohr erfüllt und, wie es allmählich warm geworden ist, durch *g* wieder abläuft. Dadurch werden die in *A* erzeugten Dämpfe kondensiert. Das Wasser kann man in Ermangelung von Wasserleitung durch einen Heber aus einem höher stehenden Gefäß in den Trichter leiten und so den Zufluß nach Bedarf regulieren, oder statt des Hebers ein Mariottesches Gefäß anwenden.

Recht bequem sind die Apparate, bei welchen das Kühlrohr seitlich Ansatzröhren zum Zu- und Ableiten des Wassers besitzt und statt mit Korken mit Schlauchstücken auf das zu kühlende Rohr befestigt wird. Letzteres ist am oberen Ende abgeschnitten und erweitert, so daß man den Hals einer Retorte einschieben kann. (M, 5 bis 7,5, ohne Stativ 1 bis 2,5.)

Fig. 1863.



In manchen Fällen genügt es, statt des Kühlers eine Vorlage (Fig. 1861) zu verwenden, in deren Hals der Hals der Retorte hineingesteckt wird. Durch aufgelegte nasse Lappen oder darüber geleitetes Wasser erhält man dieselbe kühl.

Zum Destillieren ätherischer Flüssigkeiten und dergl., die sich leicht entzünden, dienen Apparate mit Schlangenkühler. Der Kolben befindet sich in einem Dampfbade mit Wasserstandsrohr, und die Lampe ist von einem Blechmantel mit Zuglöchern oder einem Drahtnetzmantel umgeben. (Fig. 1863, Lb.)

Unentbehrlich in größeren Instituten ist ein Apparat zur Bereitung größerer Mengen von destilliertem Wasser. Kleine Apparate solcher Art zeigen die Fig. 1860 u. 1862 [1]).

f) Darstellung von Gasen. Verschiedene Gase, wie Kohlensäure, Sauerstoff, Wasserstoff, Ammoniak, Chlor, schweflige Säure, Stickoxydul u. s. w. können in komprimiertem Zustande in schmiedeeisernen Flaschen bezogen werden [2]).

Die Flaschen sind auf einen Druck von 250 Atmosphären geprüft, so daß jede Gefahr ausgeschlossen ist, da der Druck der Kohlensäure bei 20° nur 58,5 Atmo-

[1]) Zu beziehen von Warmbrunn, Quilitz u. Co., Berlin. Größere Wasserdestillationsapparate liefern Gg. Jb. Mürrle, Apparatefabrik in Pforzheim, u. a. — [2]) Z. B. Kohlensäure von Dr. Raydt, Akt.-G. für Kohlensäureindustrie, Stuttgart; C. G. Rommenhöller, Kohlensäurewerk, Berlin NW., Quitzowstr. 56; Aktiengesellschaft für Kohlensäureindustrie, Berlin SW., Lindenstr. 20/21, von den meisten Installateuren, sowie von Geschäften, die physikalische Apparate in den Handel bringen (z. B. Leybolds Nachf. in Köln). Man kann sie in schmiedeeisernen Flaschen von 8,4 oder 2 kg Inhalt (Fig. 1865) bekommen, das Kilo zu 2 Mk. (1 kg = 500 Liter). Die Flaschen kosten 50 bis 80 Mk., die größeren können auch leihweise bezogen werden.

sphären, bei 30° nur 74 Atmosphären beträgt. (In der Kruppschen Fabrik in Essen sind selbst Flaschen mit 340 kg Inhalt in Gebrauch, welche birnförmige Gestalt, 2,75 m Länge, 75 cm Durchmesser und 6,4 cm Wandstärke besitzen; durch Heizung von Gußstahlbomben mit 100 kg Inhalt erzeugt Krupp Druckkräfte von 200 bis 800 Atmosphären [1]).

Der Verschluß einer Flasche ist in Fig. 1866 dargestellt. Derselbe besteht aus der Stellschraubenspindel *e*, deren vierkantiger Zapfen durch einen der Flasche beigegebenen Schlüssel, eventuell durch ein daran angeschraubtes Handrädchen gedreht werden kann. Zunächst beseitigt man beim Gebrauche die Kappe *h*, welche dazu bestimmt ist, den Ventilaufsatz beim Transporte zu schützen, schraubt dann die Schraubenmutter *g* ab und schraubt statt derselben den beigegeben Nippel (Ausströmungsröhrchen mit Überwurfmutter) an, setzt den Schlüssel auf und dreht nun die Schraube. Will man gasförmige Kohlensäure

Fig. 1864.

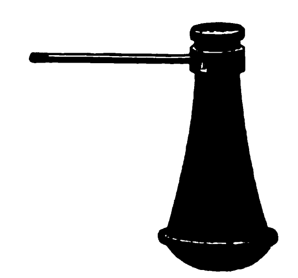


Fig. 1865.



Fig. 1866.

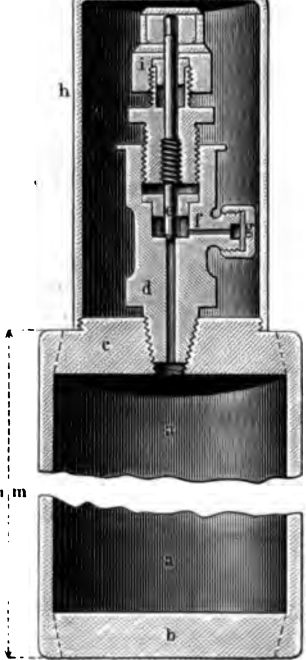


Fig. 1867.



[1]) Stahlflaschen für Kohlensäure, Ammoniak, schweflige Säure, Chlor, Sauerstoff, Wasserstoff, Stickoxydul, Luft u. s. w. von 1 bis 500 Liter Wasserinhalt liefert Eduard Weiler, Maschinenfabrik, Berlin NW., Quitzowstr. 25/26. Komprimierter Sauerstoff und Wasserstoff sind zu beziehen von Dr. Th. Elkan in Berlin N., Tegelerstr. 15, und von C. G. Rommenhöller, Berlin NW., Quitzowstr. 56; Gesellschaft für Lindes Eismaschinen, A.-G., München. Die letzteren drei Firmen haben sich neuerdings bezüglich der Lieferung von Sauerstoff zu der Firma „Sauerstoffwerke" Berlin, Tegelerstr. 15, vereinigt und zwar nur für diese Lieferung. Über Gefahren bei Benutzung von verdichtetem Sauerstoff siehe Z. 15, 226, 1902. Kupferne Retorten zur Sauerstoffdarstellung nach Fig. 1864 liefern Leybolds Nachf. in Köln.

haben, so läßt man die Flasche in aufrechter Stellung stehen, will man dagegen flüssige, so muß die Flasche in umgekehrte Lage gebracht werden. Um dies bequem ausführen zu können, sind im Handel besondere Stative zum Neigen der Flasche zu erhalten. Von Luhmann (1884) ist auch ein Apparat konstruiert, um die ausfließende Kohlensäure abzumessen.

Andere komprimierte Gase liefert die Aktiengesellschaft Rhenania in Rheinau bei Mannheim.

Manche Gase können in sehr einfacher Weise erhalten werden durch Übergießen fester Körper mit Flüssigkeiten, z. B. Wasserstoff, Kohlensäure und Schwefelwasserstoff, durch Zusammenbringen von bezw. Zink, Marmor und Schwefeleisen mit Salzsäure, Acetylen aus Calciumkarbid und Wasser, Sauerstoff [1]) (nach Kassner, 1890) durch Zusammenbringen eines Gemisches von rotem Blutlaugensalz und Baryumhyperoxyd im Verhältnis der Molekulargewichte [2]) mit Wasser u. s. w.

Fig. 1868.



Fig. 1869.



Zum Mischen der Körper und Auffaugen der Gase dient gewöhnlich der Apparat von Kipp [3]) (Fig 1867). Er besteht aus einem in der Mitte eng eingeschnürten, oben und seitlich tubulierten Glasgefäß, in dessen oberen Tubulus ein Kugeltrichter ein-

[1]) Seybolds Nachf. in Köln liefern den in Fig. 1869 dargestellten Apparat zum Entwickeln von Sauerstoff, speziell zum Herstellen von Kalklicht zu 125 Mk. Das dazu nötige Natriumsuperoxyd enthaltende Präparat wird in Schachteln von je 12 Würfeln à 100 g geliefert, welche etwa 180 Liter Sauerstoff geben. — [2]) Gebrauchsfertig von E. Merck in Darmstadt zu beziehen. — [3]) Winkler (Ber. d. d. chem. Ges. 20, 184) gibt eine Methode an, nach welcher sich im Kippschen Apparate auch Chlor entwickeln läßt.

gesetzt ist. In letzteren gießt man Salzsäure ein, nachdem die obere Hälfte des Gefäßes durch den seitlichen Tubulus mit Stücken der zersetzbaren Substanz halb gefüllt ist. Sobald die Salzsäure letztere erreicht, tritt Gasentwickelung ein, die aber wieder aufhört, wenn der Hahn geschlossen wird oder der Druck zu stark ansteigt, da alsdann die Salzsäure wieder in den Kugeltrichter emporgetrieben wird.

Fig. 1868 zeigt einen alten Apparat für Wasserstoffentwickelung, wie er bei Döbereiners Zündmaschine gebraucht wurde. Man kann ihn nach Varrentrapp in der gezeichneten Ausführung leicht selbst herstellen.

Als äußeres Gefäß dient ein großes Zuckerglas mit einem Blechdeckel; letzterer hat an zwei gegenüber liegenden Stellen je ein paar Löcher, um durch einen Stift den Deckel unter dem Rande des Glases festzuhalten. In der Mitte hat der Deckel eine kurze Röhre, in welche mittels Kork der Hals des inneren Gefäßes gesteckt wird, welches aus einer Glasflasche besteht, der man den Boden abgesprengt hat. In dem Halse dieser Flasche steckt in einem Korke das Gasentwickelungsrohr *a*; es führt in das Gefäß *A*, welches in Fig. 1870 in beinahe natürlicher Größe dargestellt ist. Die Röhre führt durch Kork in die weite Glasröhre *B* und ist noch um einige Millimeter kürzer als diese; eine zweite Röhre *b* ragt nur wenig unter dem Pfropfe hervor und soll das Gas abführen. Die Röhre *B* steht in einem kleinen konischen Trinkglase, in welchem sich so viel Quecksilber befindet, daß die Röhre *a* mit verschlossen wird, wenn das Glas *A* auf dem Deckel des Apparates steht, wie in Fig. 1868. Allein unter dem Platze von *A* ist ein Loch im Deckel, und *A* steht nur auf einem kleinen Bleche, welches das Loch deckt; nimmt man das Blech weg, so kann man das Glas *A* in das Loch sinken lassen, und letzteres ist gerade so weit, daß *A* so tief einsinkt, um wohl die Öffnung der Röhre *a*, nicht aber die Röhre *B* aus dem Quecksilber zu bringen, worauf das Gas durch *b* ausströmt. Beim Verschluß hebt man das Gläschen *A* und schiebt das Blech wieder darunter.

Bei Bardelebens Apparat ist die feste Substanz nicht in der Glocke aufgehängt, sondern befindet sich in einem siebartig durchlöcherten Gefäß aus Blei oder Porzellan. (Fig. 1875.)

Fig. 1872 zeigt den Apparat von Finkener. Er besteht aus einem dreifach tubulierten Glasgefäß von etwa 4 Liter Inhalt. In den mittleren Tubus ist ein Kugeltrichter mit Kautschukstöpsel und Knierohr eingesetzt, in welchen man die zu zersetzende Substanz einfüllt, während das Gefäß selbst mit Salzsäure gefüllt wird. Einer der beiden anderen Tubuli enthält ein (durch Hahn zu verschließendes) Manometer, der andere einen Glashahn, durch welchen man Luft in das Gefäß einblasen kann. Geschieht dies, so hebt sich die Salzsäure in dem Kugeltrichter empor und erreicht die zersetzbare Substanz. Die Gasentwickelung dauert nun so lange fort, als der Hahn geschlossen bleibt. Öffnet man ihn aber, so sinkt die Salzsäure wieder zurück. Die mit Salz gesättigten Schichten sinken dabei, weil

Ebenso gelang es G. Neumann (Ber. d. d. chem. Ges. 20, 1584), den Apparat zur Darstellung von schwefliger Säure und Sauerstoff zu verwenden. Dr. R. Muencke liefert folgende Chemikalien in Würfelform zur Gasentwickelung im Kippschen Apparat: I. Zur Entwickelung von Schwefelwasserstoff: Baryumsulfurat und Calciumsulfurat, 1 kg 3,5 Mk. II. Zur Entwickelung von Sauerstoff: Baryumsuperoxyd mit Manganhyperoxyd, 1 kg 3,9 Mk., orthobleisaures Calcium, 1 kg 12,5 Mk. III. Zur Entwickelung von Chlor: Calcium hyperchlorosum, 1 kg 4,25 Mk. IV. Zur Entwickelung von schwefliger Säure: Calcium sulfurosum, 1 kg 2,75 Mk.

spezifisch schwerer, zu Boden, so daß also bei erneutem Auftreiben der Salzsäure wieder fast reine Salzsäure emporgetrieben wird, bis schließlich alle Salzsäure in Salzlösung eingeführt ist, worauf dann der Apparat von neuem gefüllt werden muß. Es darf also, um diese Wirkung zu erzeugen, das Trichterrohr nicht bis auf den Boden, sondern nur etwa bis zur Mitte des Gefäßes reichen. (M. 15 bis 24.)

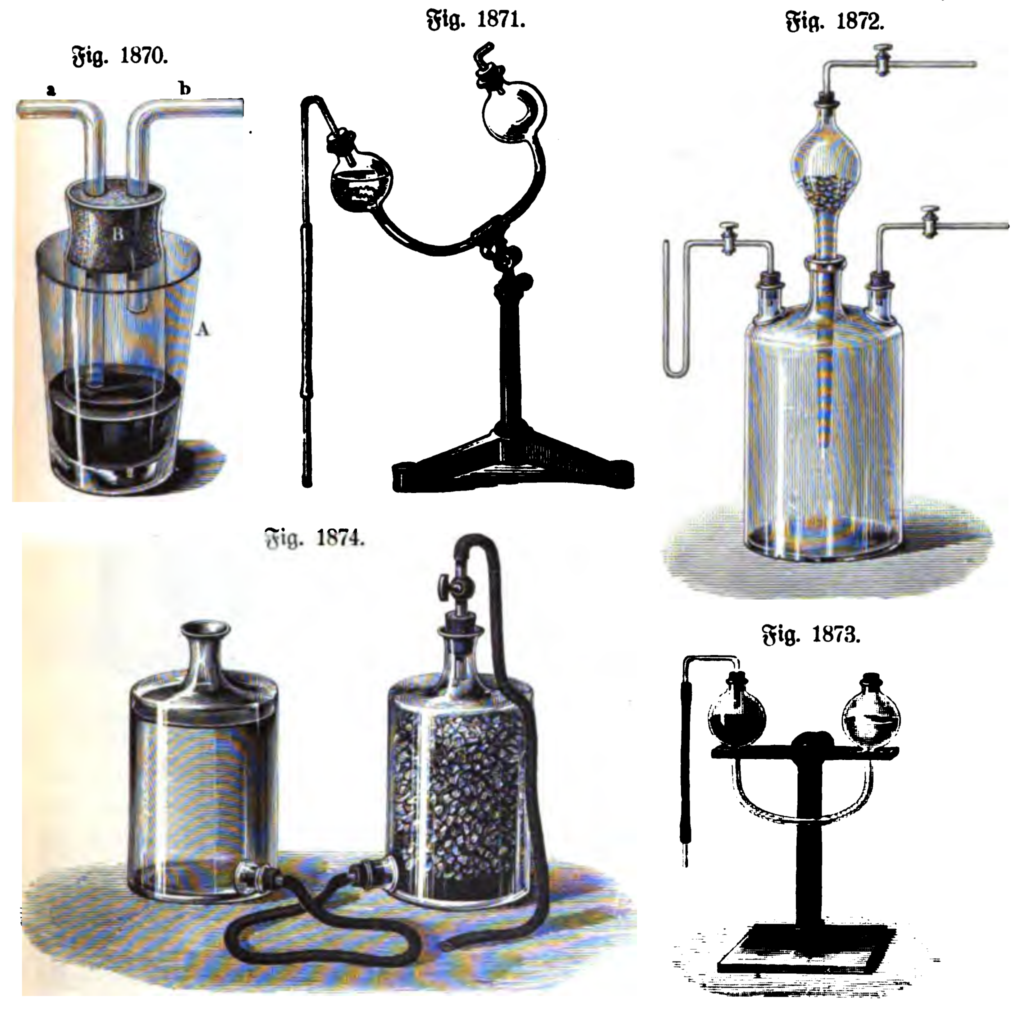


Fig. 1870. Fig. 1871. Fig. 1872. Fig. 1873. Fig. 1874.

Die Fig. 1873 zeigt den Apparat von v. Babo, Fig. 1871 eine neuere Form, Fig. 1874 einen ähnlichen leicht selbst herzustellenden Apparat von Debray.

Einige Beispiele der Entwickelung von Gasen durch Erhitzen von Flüssigkeiten sind folgende:

Darstellung von Stickoxyd. Man versieht eine Kochflasche von etwa 1/2 Liter Inhalt mit doppelt durchbohrtem Kautschuk- oder Korkstopfen und setzt in die eine Bohrung ein Sicherheitsrohr mit Trichter, in die andere eine kurze Knieröhre, an welche ein Kautschukschlauch angestreift ist. Nun gibt man in die Flasche eine Handvoll Kupferdrehspäne oder andere kleine Kupferstückchen, übergießt sie mit nicht allzu konzentrierter Salpetersäure und treibt den Stopfen ein, nachdem man in die Sicherheitsröhre etwas Wasser eingegossen hat. Wird die Entwickelung

zu heftig, so gießt man durch die Trichterröhre etwas Wasser nach. Man setzt die Entwickelung, welche übrigens im Freien oder unter einem gut ziehenden Abzug vorgenommen werden muß, so lange fort, bis alle roten Dämpfe aus der Flasche verschwunden sind und sich solche nur noch unten an der Mündung des Kautschukschlauches zeigen. Nun verbindet man den Schlauch mit dem Gasometer [1]) eventuell unter Einschaltung einer Waschflasche [2]), nachdem man ihn bereits zuvor mit

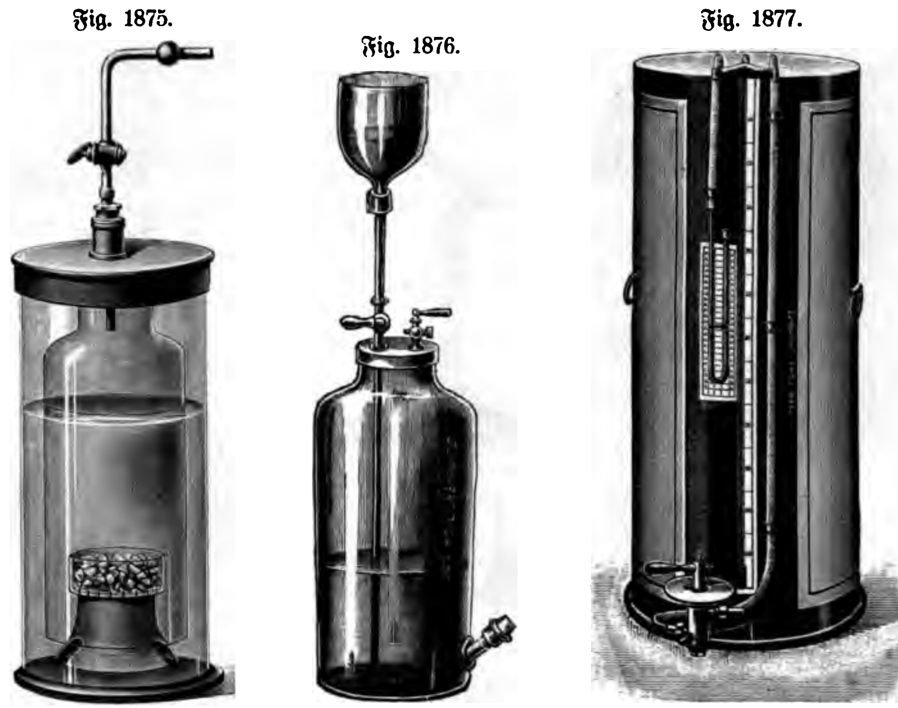


Fig. 1875. Fig. 1876. Fig. 1877.

Fig. 1878.

Wasser gefüllt hat, und läßt das Wasser durch das Gas verdrängen. Bei Darstellung kleiner Mengen verwendet man statt des Gasometers passend vorgerichtete Flaschen [3]). Entwickelt der Apparat mehr Gas als in der Flasche Platz hat, so kann man dies nun in einer zweiten, eventuell einer dritten ebenso vorgerichteten Flasche auffangen. Schließlich kann man die Flaschen an Stelle der durchbohrten Stopfen mit Glasröhren mit gewöhnlichen Stöpseln versehen, indem man sie mit der Mündung nach unten in einen größeren mit Wasser gefüllten Trog eintaucht und unter Wasser den einen Stöpsel durch den anderen ersetzt. Sollen die Flaschen längere Zeit aufbewahrt werden, so stellt man sie zweckmäßig in umgekehrter Lage auf, so daß die noch darin enthaltene geringe Wassermenge den Stöpsel bedeckt. Bequemer ist es übrigens, den mit Röhren ver-

[1]) Gasometer nach Fig. 1876 und 1877 liefert Max Kohl in Chemnitz, ebenso Waschflaschen (Fig. 1878). Andere Formen werden auf S. 574 u. ff. beschrieben. — [2]) Einen besonders zweckmäßigen Gaswaschapparat, Fig. 1879, beschreibt Stromeyer, Beibl. 26, 827, 1902. — [3]) Eine solche Flasche wird mit einem doppelt durchbohrten Kautschukstopfen verschlossen. In die eine Bohrung wird die mit dem Kautschukschlauch zu verbindende Knieröhre eingesetzt, während die andere zur Aufnahme einer langen,

sehenen Stopfen darin zu belassen und beim Gebrauch durch Einleiten von Wasser das Gas, ebenso wie anfänglich die Luft, durch die Knieröhre zu verdrängen. Man kann es dann von hier aus mittels eines Kautschukschlauches in eine pneumatische Wanne leiten und in das zu den Versuchen dienende Gefäß einsteigen lassen.

Gebraucht man nur kleine Mengen des Gases, so leitet man es, wie die Fig. 1880 darstellt, direkt in die pneumatische Wanne.

Als pneumatische Wanne dient am besten ein rechteckiger Glastrog (M. 15 bis 25), in welchen man eine aus einem Blechstreifen gebogene Brücke einsetzt, welche dem zu füllenden Gefäß als Stütze dient. Letzteres wird vor dem Versuche mit Wasser bis zum Rande gefüllt, mit der flachen Hand oder mit einer Glasscheibe von passender Größe verschlossen, umgekehrt in die pneumatische Wanne eingetaucht, geöffnet und auf die Brücke gestellt, welche sich natürlich genügend tief unter der Wasseroberfläche befinden muß. Sie besitzt in der Mitte eine Bohrung, durch welche man nun den Kautschukschlauch hindurchschiebt, so daß das daraus

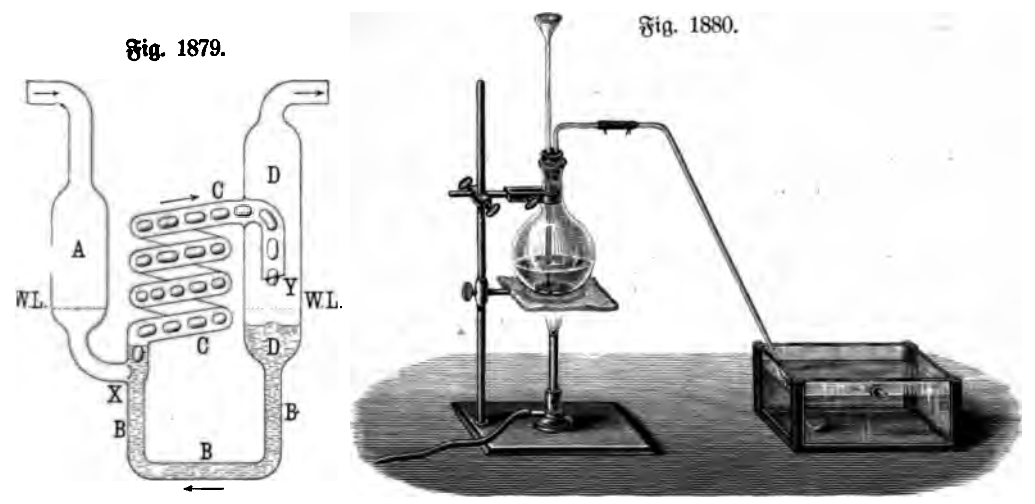


Fig. 1879. Fig. 1880.

entweichende Gas nun unmittelbar in das dafür bestimmte Gefäß einsteigt. Ist letzteres gefüllt, so wird es entweder noch unter Wasser mit einem Stöpsel verschlossen und aus der Wanne entfernt oder direkt zu dem Versuche benutzt.

Größere Mengen von Gas kann man auch sammeln, indem man mehrere Flaschen beschriebener Art [3]) neben- oder hintereinander schaltet.

Darstellung von Ammoniak. In einem Glaskolben, der mit doppeltdurchbohrtem Stopfen, Trichterrohr und Knierohr versehen ist, erwärmt man über dem Drahtnetze käufliches Ammoniak und leitet das entstehende Gemisch von Wasserdampf und Ammoniakgas durch einen mit Stücken gebrannten Kalks gefüllten **Trockenturm** (siehe weiter unten), woselbst der Wasserdampf durch den Kalk

bis auf den Boden der Flasche reichenden, oben hakenförmig gebogenen Röhre dient, durch welche das Wasser ausfließen kann. Letztere kann auch beim Füllen der Flasche Verwendung finden, indem man durch sie das Wasser aus der Wasserleitung in umgekehrter Richtung einströmen lassen kann, während die Luft durch die Knieröhre entweicht. Ist die Flasche gefüllt, so zieht man den Schlauch ab und ersetzt ihn rasch durch ein bereit gehaltenes Käppchen, gebildet aus einem Stückchen Kautschukschlauch, welches am einen Ende durch einen kleinen Pfropfen verschlossen ist. Hat man mehr Mittel zur Verfügung, so würde man natürlich bequemer ein Knierohr mit Glashahn verwenden.

zurückgehalten wird, während das Ammoniak durch die obere Röhre entweicht. Letztere macht man so lang, daß, wenn die zu füllende Flasche in umgekehrter Stellung darüber geschoben wird, sie nahe bis zum Boden derselben reicht. Das Ammoniak sammelt sich, weil leichter als die Luft, in der Flasche an und diese ist als gänzlich gefüllt zu betrachten, sobald ein brennender Span, welcher der Öffnung genähert wird, durch das ausströmende Ammoniakgas ausgelöscht wird. Man hebt dann, ohne den Gasstrom zu unterbrechen, die Flasche über die Röhre empor, verschließt sie rasch mit einem gut schließenden Stopfen und die Füllung ist beendet.

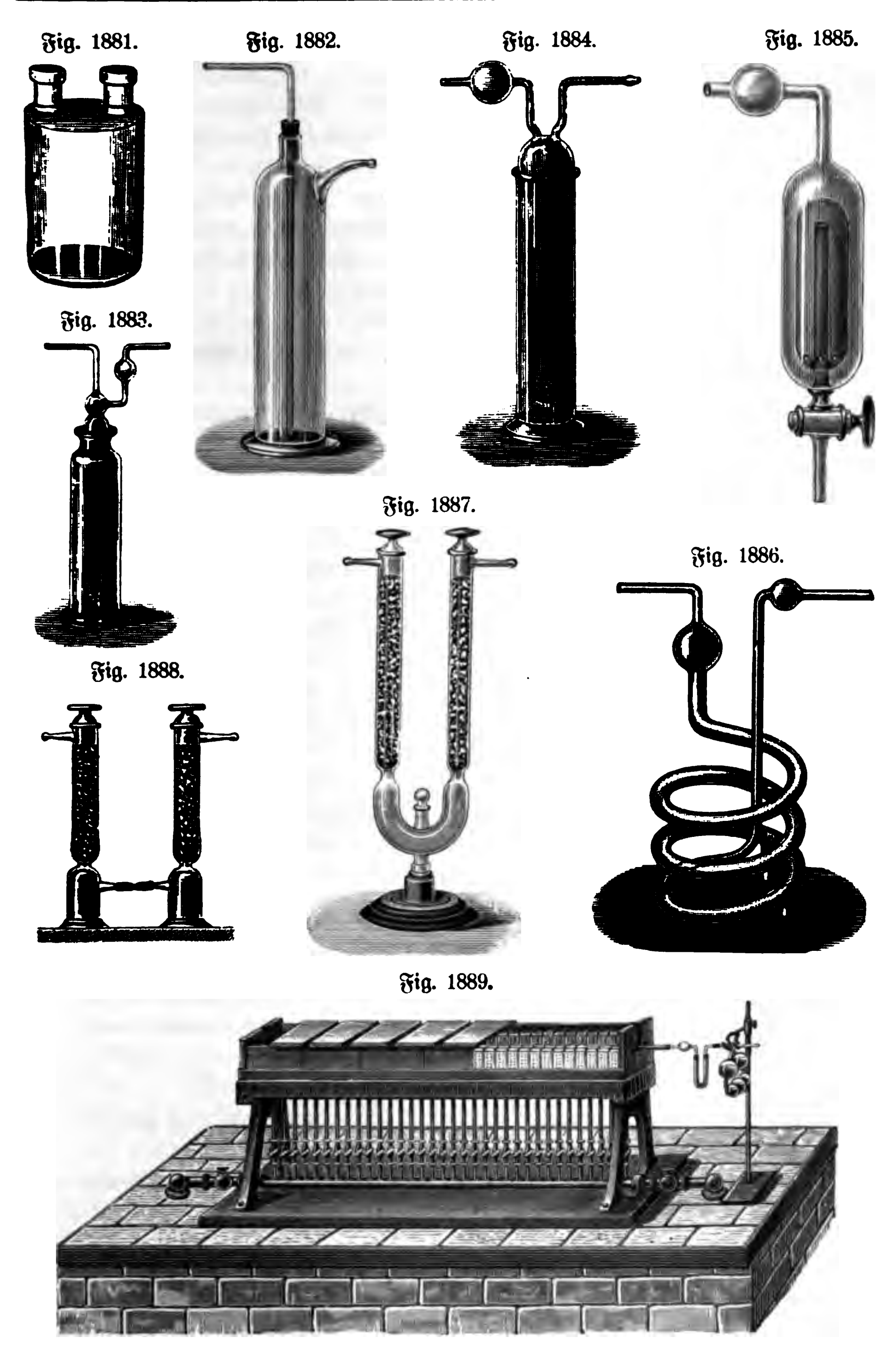
Erwähnt mag werden, daß man nicht etwa an Stelle des Kalks Schwefelsäure zum Trocknen nehmen darf, da hierdurch nicht allein der beabsichtigte Zweck nicht erreicht wird, sondern höchst gefährliche Explosionen entstehen können, welche durch umhergespritztes heißes Ammoniak und heiße Schwefelsäure äußerst schmerzhafte Verwundungen und dauernde Arbeitsunfähigkeit veranlassen.

Darstellung von Salzsäuregas. Es wird ganz ebenso aus der rohen Salzsäure des Handels gewonnen, wie das Ammoniakgas aus dem käuflichen Ammoniak, mit dem Unterschiede, daß man den Trockenturm natürlich nicht mit Kalkstücken, sondern mit Bimssteinstücken füllt und diese mit konzentrierter Schwefelsäure befeuchtet. Außerdem leitet man das Gas, weil es schwerer als die Luft ist, nicht nach oben, sondern nach unten in die zum Auffangen bestimmte Flasche, welche also in ihrer natürlichen Stellung auf dem Tische steht.

g) Gaswaschflaschen und Trockentürme. Zur Anstellung reinlicher Versuche ist es meist nötig, die entwickelten Gase zunächst von beigemischten Säure- oder Wasserdämpfen zu befreien, was dadurch erzielt wird, daß man sie durch eine mit Wasser-, Schwefelsäure, Kalilauge u. s. w. gefüllte Flasche leitet. Als Waschflasche kann jede Flasche mit doppelt durchbohrtem Kork dienen, in dessen Bohrungen zwei Knieröhren, die eine bis zum Boden der Flasche reichend, eingesetzt sind. Letztere dient zum Einleiten, die andere zum Ausströmen des Gases. Bequemer sind die im Handel fertig zu beziehenden Woulffschen Flaschen (Fig. 1881) und die sogenannten Waschflaschen. Einige besonders zweckmäßige Formen sind in den Fig. 1882, 1883, 1884 und 1885 wiedergegeben. Bei der ersten (nach Bunsen) wird das Gaseinleitungsrohr mittels eines Stückchens Kautschukschlauch in den Tubulus eingesetzt, bei der zweiten (nach Drechsel) ist es in den eingeschliffenen hohlen Stopfen eingeschmolzen, der zugleich die Mündung des Ausströmungsrohres bildet, bei der dritten (nach Muencke) endigt es in vielen kleinen Öffnungen, so daß das Gas in zahlreichen kleinen Bläschen, nicht in einzelnen großen Blasen, die Waschflüssigkeit durchströmt, die vierte endlich ist so eingerichtet, daß sie direkt auf ein Gasentwickelungsgefäß aufgesetzt werden kann.

Habermann (1884) empfiehlt, um das Zurücksteigen der Waschflüssigkeit in das Entwickelungsgefäß (nach Unterbrechen der Gasentwickelung) zu verhindern, den inneren Waschcylinder so groß zu wählen, daß die gesamte Waschflüssigkeit, die überhaupt zurückgezogen werden kann, ihn nur bis etwa zur Hälfte füllt. Allihn (1884) gestaltet die Vorrichtung so, daß das Gas die Flüssigkeit zweimal passieren muß.

Absorptionsschlange nach Winkler. Dieselbe ist für geringe Gasgeschwindigkeiten ein recht einfacher und brauchbarer Apparat, nämlich eine spiralförmig gewundene Glasröhre, Fig. 1886 (M. 6), welche mit konzentrierter Schwefelsäure gefüllt wird. Durch das senkrecht absteigende Rohr tritt das Gas ein und durchläuft dann in kleinen Bläschen langsam die ganze Säule der Schwefelsäure.


Fig. 1881. Fig. 1882. Fig. 1883. Fig. 1884. Fig. 1885. Fig. 1886. Fig. 1887. Fig. 1888. Fig. 1889.

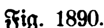
Für Gase, die nur sehr wenig Wasserdampf enthalten, kann die in Fig. 1534, S. 493, abgebildete *Trockenröhre* Verwendung finden. Als hygroskopische Substanz wird gewöhnlich Chlorcalcium benutzt, zur Beseitigung der letzten Spuren von Wasserdampf *wasserfreie Phosphorsäure* und zuweilen *wasserfreies Chlorzink*.

Zum Trocknen größerer Gasmengen und bei größerem Wasserdampfgehalt benutzt man die in den Fig. 1887 und 1888 (M. 7,5) dargestellten U-Röhren und Trockentürme. Die hygroskopische Substanz (Chlorcalcium, Bimsstein und Schwefelsäure) wird in den oberen Teil dieser Apparate eingefüllt, und die durch Wasseranziehung gebildete Flüssigkeit sammelt sich im unteren Teile, von wo sie zeitweise durch den angebrachten Tubulus entfernt werden kann.

Um Gase von anderen Beimischungen zu befreien, z. B. von Kohlensäure, kann ein solcher Trockenturm, mit Ätzkalistücken gefüllt, Anwendung finden.

Zuweilen ist die Entfernung der Beimischung nur in der Hitze möglich. Zum Erhitzen der Absorptionsröhre dient der Verbrennungsofen, Fig. 1889. Z. B. kann Sauerstoff durch glühende Kupferspäne absorbiert werden, Wasserstoff durch glühendes Kupferoxyd.

h) Gasometer. Die Form der Gasometer, wie sie gewöhnlich gebraucht werden, ist in Fig. 1890 in etwa $^1/_{10}$ der natürlichen Größe abgebildet. Das obere Gefäß *A* ist mit dem unteren durch zwei Stützen *cc* und durch zwei mit Hähnen versehene Röhren verbunden, von welchen *a* vom Boden des oberen Gefäßes bis nahe an den Boden des unteren reicht, *b* aber den Boden des oberen Gefäßes mit dem gewölbten Deckel des unteren verbindet; *d* ist eine kurze, nach oben gerichtete, mit Kork verschließbare Röhre, *e* dient zum Fortleiten der Gase und *fg* ist ein mit dem unteren Gefäß kommunizierender Wasserstandszeiger. Um das Gasometer mit Wasser zu füllen, verschließt man *d*, öffnet die Hähne bei *a* und *c* und gießt Wasser in das obere Gefäß, welches die Luft aus dem unteren durch *e* verdrängt; will das Wasser bei *e* ausfließen, so verschließt man diesen Hahn und läßt den Rest der Luft durch *b* entweichen. Um Gas einzufüllen, werden alle Hähne geschlossen, *d* geöffnet und hier eine gekrümmte Gasentwickelungsröhre eingeführt, neben der das Wasser herausquillt, sobald das Gas eintritt. Ist das Gefäß *B* mit dem Gas gefüllt, so verschließt man *d*. Will man das Gas verwenden, so kann man entweder bei *e* Fortleitungsröhren anbringen oder es über *b* in Glasglocken auffangen. In jedem Falle muß natürlich das Gefäß *A* mit Wasser gefüllt und der Hahn *a* geöffnet sein. Im allgemeinen ist nur noch zu bemerken, daß man ein solches Gasometer um billiges Geld aus Zinkblech verfertigen lassen kann, wenn man die erforderlichen Hähne im Eisenladen oder noch besser in einer Leuchtgasfabrik kauft. Man findet nämlich unter den daselbst vorrätigen kleinen Hähnen im Preise von 0,50 bis 1 Mk. immer solche, welche für den gegenwärtigen Zweck gut genug schließen. Der Hahn *e* braucht nicht gerade in einer Schraubenmutter zu endigen; man kann auch die Fortleitungsröhren durch Röhrenstücke aus vulkanisiertem Kautschuk mit demselben verbinden, was um so leichter geht, wenn das hervorragende Rohrstück noch etwas lang ist, wie man es bei den käuflichen Hähnen stets findet.


Fig. 1890.



Delffs (Pogg. Ann. LXXIX, 429) schlägt vor, die drei Hähne der gewöhnlichen Gasometer durch einen einzigen zu ersetzen, welcher so durchbohrt ist, daß er einerseits das Druckwasser in den Gasbehälter, anderseits das Gas in die Ausströmungsröhre leitet. Für besondere Zwecke dürfte dies wohl bequem sein, mechanischer Schwierigkeiten halber dagegen im allgemeinen keine Empfehlung verdienen [1]).

Recht praktisch sind für kleinere Gasmengen die mit Ausnahme der Hähne ganz aus Glas gefertigten Gasometer, da man hier den Stand der Flüssigkeit, das Eindringen oder Vorhandensein von Luftblasen u. s. w. ohne weiteres übersehen kann. [Fig. 1876, S. 572, M. 35 bis 52 (18 bis 25 Liter.)]



Fig. 1891.

Wie man jede größere Glasflasche auf sehr einfache Weise in ein Gasometer verwandeln kann, zeigt Fig. 1891. Durch den gut passenden Kork führen nämlich drei Röhren *a*, *b*, *c*, wovon die letztere nicht gerade notwendig ist; *a* reicht bis nahe auf den Boden des Gefäßes und daran steckt man mittels Kautschukröhrchen weitere Stücke, wie die Figur zeigt, um einen Heber daraus zu machen, dessen Ausfluß entweder durch angesteckte engere Stücke oder durch einen dazwischen angebrachten Hahn, dem durch *b* ankommenden Gaszufluß entsprechend, reguliert wird. Man kann hierbei das Gas ansaugen lassen oder demselben einen gewissen

[1]) R. Muencke (1875) liefert Gasometer, bei welchen der Gasausströmungshahn nicht seitlich am Cylinder, sondern oben auf der Deckplatte angebracht, und zugleich der obere Teil des Hahnes drehbar ist, so daß der Ausströmungsspitze jede beliebige Richtung in horizontaler Ebene gegeben werden kann. Bei einer anderen Form ersetzt er den Hahn *b* durch einen Dreiweghahn, dessen einer Weg die Ausströmungsröhre bildet. Ferner gibt er den Gasometern ein Winkelrohr bei, welches in die obere Öffnung des Hahnes *a* eingeschraubt werden kann und ermöglicht, das Gasometer direkt mittels eines Kautschukschlauches mit der Wasserleitung zu verbinden. Dieses Winkelrohr hat vier seitliche Öffnungen, deren beide oberen das Wasser in das obere Gefäß *A* eintreten lassen, während es durch die anderen längs der Röhre *a* von *A* nach *B* gelangt. Es ist diese Unterbrechung des Wasserstromes deshalb nötig, damit mitgerissene Luftblasen nicht in den Gasbehälter *B* gelangen können, sondern in *A* zunächst eine Trennung des Wasserleitungswassers von der beigemengten Luft stattfindet. Ebenso werden auch Winkelröhren beigegeben, die sich in die Öffnung des Hahnes *b* einschrauben lassen, um das Gas oben ausströmen lassen zu können. Eine weitere Verbesserung ist die Befestigung des Wasserstandsrohres, welche nicht, wie gewöhnlich, durch Kautschukschlauchstücke erfolgt, auf deren Dichthalten man sich nicht verlassen kann, sondern durch Stopfbüchsen mit Verschraubung. Die Wasserstandsröhre hat emaillierte Rückseite, um den Wasserstand deutlicher sehen zu können. Der Kopf der Tubusscheibe *d* ist mit zwei großen Flügeln versehen, um dieselbe leicht drehen zu können, während man zum Lösen der in Fig. 1890 dargestellten Schraube nicht selten eine Gaszange oder ein ähnliches Instrument zu Hilfe nehmen muß. [M. 35 bis 90 (20 bis 45 Liter)].

Widerstand entgegensetzen, da das Manometer c den Druck anzeigt. Anstatt eines Hahns kann man auch einen wohl ausgesuchten Kork d verwenden, dessen Hauptdurchgang durch einen seitlich eingepaßten kleinen Kork verschlossen werden kann. Sollen die Gase durch b wieder abgeführt werden, so wird a mit einem obern Wasserbehälter verbunden. Verwendet man eine Korbflasche, so muß ihr Hals ausgefeilt werden, weil sonst kein Kork gehörig fest hinein zu bringen ist. Soll das Gas aufbewahrt werden, so verschließt man die auf a und b aufgesteckten Kautschukröhren durch Quetschhähne.

77. Quecksilberarbeiten. a) Quecksilberreinigung. Größere Mengen Quecksilber bezieht man in eisernen Flaschen aus Idria, kleinere Mengen werden in starken Glasflaschen aufbewahrt. Zum Experimentieren sind Büchsen aus Buchsbaumholz mit abschraubbarem Deckel bequem. In den Deckel ist eine kurze Röhre mit abschraubbarer Spitze aus Elfenbein eingesetzt, welche sehr fein durchbohrt ist. Gebraucht man nur sehr kleine Mengen Quecksilber, z. B. zum Füllen der Quecksilbernäpfe bei galvanischen Apparaten, so genügt es, das Quecksilber durch Neigen der Büchse aus der Spitze austropfen zu lassen. Gebraucht man größere Mengen, so wird die Spitze abgeschraubt. Beim Wiedereingießen schraubt man den ganzen Deckel ab. Um das Eindringen von Staub zu hindern, wird über die Spitze noch eine Schutzkappe geschraubt. Die Verschraubung des Deckels muß derart ausgeführt sein, daß beim Öffnen der Büchse keine Quecksilbertropfen in den Schraubengängen des Deckels zurückbleiben. Im einfachsten Falle wird ein Gläschen mit in den Stöpsel eingesetzter Ausflußspitze benutzt [1]).

Bequem sind auch Quecksilberbüchsen mit Stahlhahn (Fig. 1895, K, 7,50). Der Griff des Hahns ist gewöhnlich mit einer Feder verbunden, so daß er durch einen Druck auf die Feder beliebig weit oder wenig geöffnet werden kann.

Bei der Leichtigkeit, mit welcher verschüttete Quecksilbertropfen fortrollen, um schließlich über den Rand des Tisches hinunterzufallen und in den Ritzen des Fußbodens zu verschwinden, empfiehlt es sich, alle Arbeiten mit Quecksilber auf einem besonderen „Quecksilbertisch" auszuführen, welcher mit einem etwa 10 cm hohen Rande und an einer Stelle mit einem Ablauf für das Quecksilber versehen ist. Gewöhnlich enthält derselbe an einer Stelle auch eine röhrenförmige Vertiefung, in welcher z. B. Barometerröhren gefüllt werden können. Diese Röhre ist unten mit einer Verschraubung oder einem Hahn versehen, um hineingelangtes Quecksilber entfernen zu können.

Fehlt ein besonderer Quecksilbertisch, so benutzt man Tragbretter, Fig. 1896, oder flache Kästen aus Eisenblech.

Zum Aufnehmen von verschüttetem Quecksilber eignen sich die Schippe [2]) (Fig. 1897), die Zange [3]) (Fig. 1898) und die Pipette [4]) (Fig. 1899).

Wurde das Quecksilber beim Experimentieren verunreinigt, so wird es selbst-

[1]) Fig. 1892, K 4; Fig. 1893, E 16,5; Fig. 1894, Lb 1,25. — [2]) Zu beziehen von Muencke, Berlin, zu 5,50 Mk. Zum Zusammenschieben der Quecksilbertropfen werden zweckmäßig Hasenpfoten benutzt. — [3]) Quecksilberzangen (Fig. 1898) ermöglichen, die kleinsten verstreuten Quecksilberkügelchen mit Leichtigkeit aufzuheben. Sie sind zu beziehen von Franz Müller in Bonn zu 1,50 Mk. — [4]) Eine einfache Quecksilberpipette aus Glas kann nach Dvořák (1891) in Form von Fig. 1899 hergestellt werden. Eine gewöhnliche Pipette ist nicht brauchbar, weil das Quecksilber sofort wieder ausfließt.

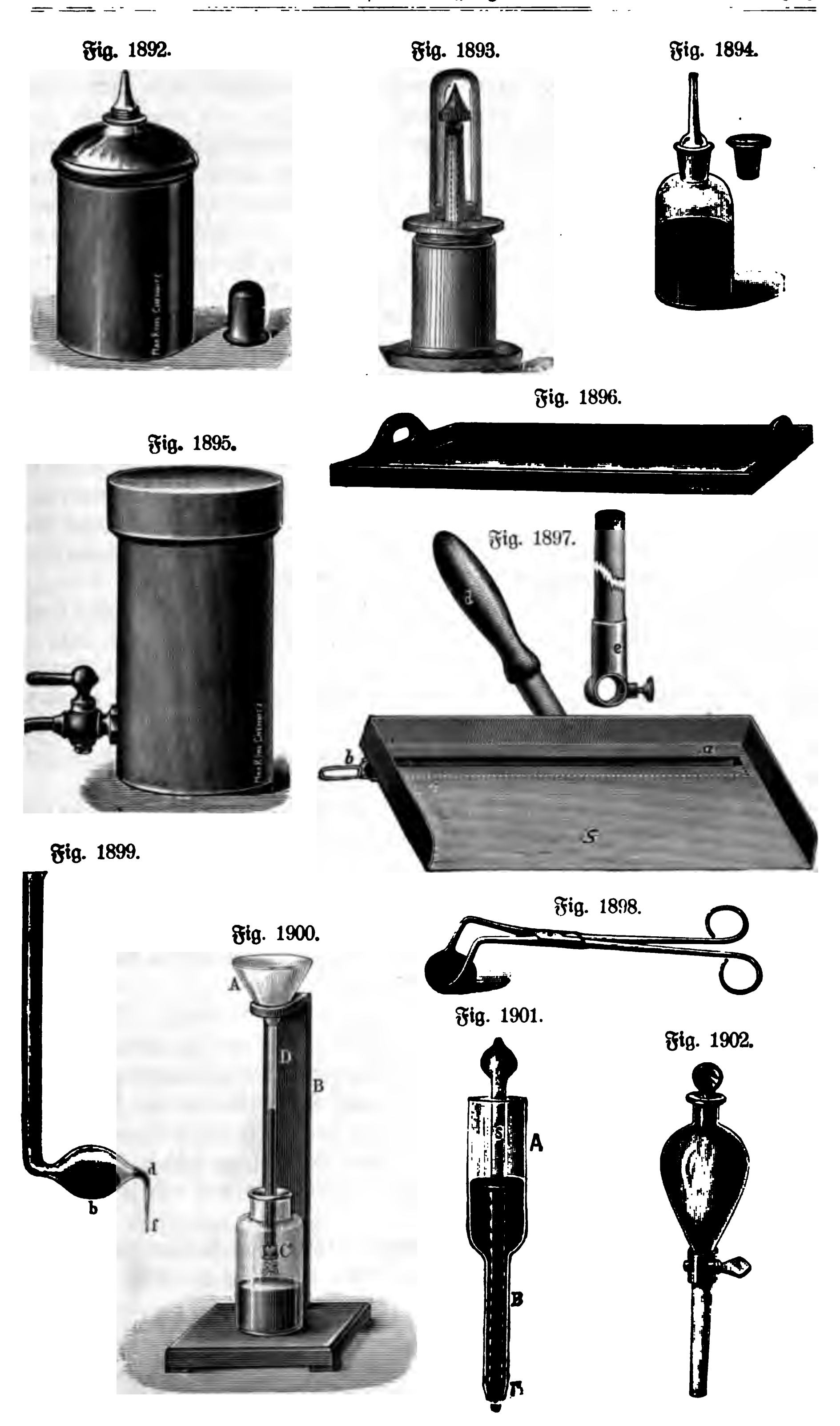


Fig. 1892. Fig. 1893. Fig. 1894.

Fig. 1895. Fig. 1896.

Fig. 1897.

Fig. 1899. Fig. 1900. Fig. 1898.

Fig. 1901. Fig. 1902.

verständlich nicht zum reinen Quecksilber zurückgegossen, sondern in einer besonderen Flasche mit der Aufschrift „Unreines Quecksilber" aufbewahrt, wenn man es nicht vorzieht, es unverweilt wieder zu reinigen.

Naß gewordenes Quecksilber trocknet man oberflächlich mit Fließpapier, vollkommener durch Erwärmen in einer reinen eisernen Schale unter Umrühren.

Zum Entfernen von Staub und anderen fremden Körperchen, Siegellackstückchen, Glassplitter u. s. w. genügt Filtrieren. Das Quecksilber wird in eine aus Schreibpapier zusammengeleimte Düte eingegossen, in welcher unten an der Spitze einige feine Nadelstiche angebracht sind. Durch diese feinen Öffnungen fließt das Quecksilber in sehr dünnen Strahlen in eine untergesetzte Schale aus und alle Unreinigkeiten bleiben zurück. Selbst auf der Oberfläche des Quecksilbers schwimmende Oxydschichten können auf solche Weise entfernt werden.

Noch sicherer erreicht man letzteren Zweck beim Filtrieren durch Leder. An das obere Ende eines engen eisernen Rohres wird ein Glastrichter gekittet (Fig. 1900), an das untere eine cylindrische Erweiterung angeschraubt, deren Bodenfläche aus einigen Scheibchen sämisch gegerbtem Leder besteht, die durch eine Überwurfscheibe quecksilberdicht gegen den Rand der Erweiterung angepreßt werden. Infolge seines eigenen Gewichtes preßt sich das Quecksilber durch die Poren des Leders und sammelt sich in einem möglichst dicht untergestellten Gefäß[1]).

Bei dem Quecksilberreinigungsapparate nach Palmaer[2]) (Fig. 1901) wird statt des Leders ein geriffelter Glasstöpsel benutzt, der sich leicht reinigen läßt.

Von Fett kann man Quecksilber durch Schütteln mit Kali- und Natronlauge oder Benzol und Alkohol und Nachschütteln mit Wasser in einem mit Stöpsel versehenen Scheidetrichter (Fig. 1902) befreien.

Oxyd und fremde Metalle kann man ebenso bis zu gewissem Grade durch Ausschütteln mit stark verdünnter Salpetersäure entfernen.

In manchen Fällen genügt konzentrierte Schwefelsäure. Man gießt das Quecksilber in eine flache Schale, schichtet konzentrierte Schwefelsäure darüber und bedeckt mit einer Glasplatte. Nach einiger Zeit hat sich, falls das Quecksilber unrein war, ein weißer Schlamm gebildet. Man rührt um, läßt wieder stehen und fährt so einige Tage hindurch unter zeitweiser Erneuerung der Schwefelsäure fort, bis keine Einwirkung mehr stattfindet, sondern selbst bei langem Stehen Quecksilber und Schwefelsäure blank und klar bleiben.

Sehr empfohlen werden ferner Chromsäure und Eisenchlorid. Die Chromsäure erhält man [nach Brühl (1879)] durch Auflösen von 5 g Kalibichromat in 1 Liter Wasser und Zugeben von einigen Kubikcentimetern Schwefelsäure. Man bringt die Mischung samt einem gleichen Volum Quecksilber in eine starkwandige Flasche und schüttelt beides so lange kräftig durcheinander, bis das anfänglich gebildete rote Pulver verschwunden und die Farbe der Lösung rein grün geworden ist. Hierauf spült man mit einem kräftigen Wasserstrahle aus und wiederholt die Operation noch ein- oder zweimal.

Das Eisenchlorid kann nach L. Meyer (1879) insbesondere zur Reinigung von nur wenig verunreinigtem Quecksilber Verwendung finden. Man füllt es in

[1]) Würde letzteres weit abstehen, so würde sich das Quecksilber beim Fallen durch die Luft von neuem oxydieren. Der Apparat ist von dem Mechaniker F. Miller in Innsbruck und Leybolds Nachf., Köln, zum Preise von 8,20 bis 11 Mk. zu beziehen. — [2]) Zu beziehen von Max Kähler und Martini, Berlin W., zu 6 Mk.

ein 1 bis $1\frac{1}{2}$ m langes und 3 cm weites Glasrohr, welches unten nicht zugeschmolzen, sondern durch Quecksilber in einem 0,1 m hohen Cylinder abgesperrt ist. Über der Röhre bringt man einen mit Hahn und feiner Spitze versehenen Trichter so an, daß die Spitze die Oberfläche der Eisenchloridlösung nicht berührt. In den Trichter schüttet man das unreine Quecksilber ein, welches nun in dünnem Strahle die Eisenchloridlösung durchfließt und eine entsprechende Menge Quecksilber aus dem unteren Gefäße verdrängt. Diese fließt durch einen seitlichen Tubulus oben an dem Cylinder ab und wird zunächst wieder auf den Trichter zurückgegeben und der Prozeß so lange wiederholt, bis das Quecksilber hinreichend rein erscheint [1]).

Fig. 1903.

Für den Fall der Verunreinigung durch Blei, Zinn, Zink u. s. w. wird eine Mischung von 100 ccm Wasser mit 10 ccm konzentrierter Lösung von roten Blutlaugensalz und 10 ccm von unterschwefelsaurem Natron empfohlen. Die Mischung darf erst kurz vor dem Gebrauch hergestellt werden.

Soll das Quecksilber in sorgfältigster Weise gereinigt werden, so ist man genötigt, dasselbe zu destillieren. Zuweilen bedient man sich hierzu einer eisernen Retorte (aus Gußeisen), an welche ein sehr langer Hals (eisernes Gasrohr) angesetzt ist. Ob hierdurch der beabsichtigte Zweck wirklich erreicht wird, erscheint fraglich, einesteils deshalb, weil bei der nötigen starken Erhitzung auch fremde Metalle mit überdestillieren und wohl auch, falls Aufstoßen eintritt, leicht Tropfen des unreinen Quecksilbers in den Hals der Retorte eingespritzt werden können. Weit zuverlässiger, wenn auch viel zeitraubender, ist deshalb die Destillation im Vakuum. Nach L. Weber (1879) nimmt man dazu ein Doppelbarometer, d. h. eine U-förmige, gebogene, etwa 170 cm lange Röhre, welche etwa 76 cm von einem Ende auf einer Strecke von 6,5 cm erweitert ist. Man füllt die Röhre mit reinem Quecksilber und kehrt sie dann so um, daß der mit der Erweiterung versehene Schenkel in ein Gefäß mit dem zu reinigenden Quecksilber eintaucht, der andere in ein zweites, mit bereits reinem Quecksilber gefülltes. Die Erweiterung wird mit Drahtnetz umhüllt und durch einen ringförmigen Brenner erhitzt. Der Brenner besteht aus einem ringförmig gebogenen, am Ende verschlossenen Messingrohr, in welches am oberen Rande in gleichen Abständen, etwas nach innen gerichtet, feine Löcher gebohrt sind, aus welchen das Gas ausströmt und kleine Flämmchen bildet. Infolge der höheren Temperatur im erweiterten Schenkel destilliert nun kontinuierlich

[1]) Einen Apparat nach Fig. 1903 liefert Fr. Hugershoff, Leipzig, Carolinenstr. 13 (Preis 15 Mk.).

das Quecksilber von hier nach dem anderen über und gelangt von hier in die untergesetzte Schale [1]).

Solche einfache Vorrichtungen haben den Nachteil, daß allmählich Luft in das Vakuum gelangt und damit der Stand des Quecksilbers in dem zu erhitzenden Schenkel sich ändert. Man kann dies nach Wright (1882) vermeiden, wenn man den kalten Schenkel sehr eng (1 mm weit) macht, wobei dann die einzelnen kondensierten Quecksilbertropfen ähnlich wie die Quecksilbertropfen in der Sprengelschen Pumpe wirken und etwa angesammelte Luft mit sich fortreißen. Nach einem Vorschlage von Clark (1884) läßt man ferner zweckmäßig das zu destillierende Quecksilber aus einer Art Mariottescher Flasche beständig nachfließen.

Fig. 1904.



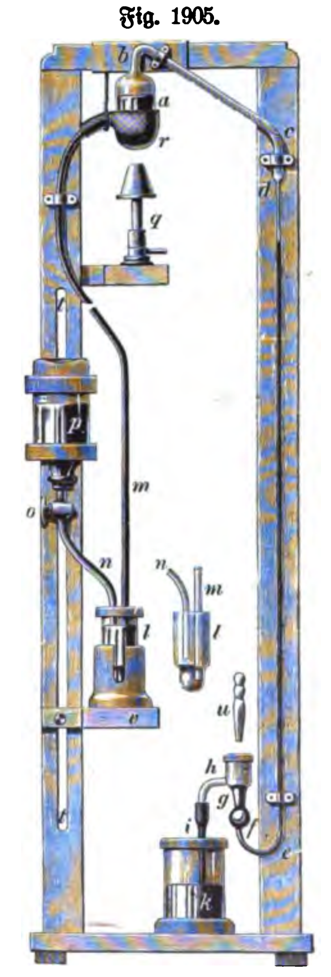
Bei Weinholds Quecksilberdestillierapparat (Fig. 1904) fließt das unreine Quecksilber aus der Mariotteschen Flasche in das Gefäß *l* (Fig. 1906, Flasche mit abgesprengtem Boden) und steigt durch die unten schief abgeschnittene Röhre *m* bis in die Kugel *a*, wenn durch die Seitenröhre *n*, welche mit einer (in Fig. 1904 abgebildeten) Sprengelschen Pumpe in Verbindung steht, die Luft aus dem Rohr *bcdefg* ausgepumpt wird, welches unten durch reines Quecksilber in dem Gefäße *h* abgesperrt ist. Erhitzt man die Kugel *a* mittels des ringförmigen Brenners *q*, so destilliert das Quecksilber in die Röhre *b* hinein und fließt schließlich durch das Ansatzrohr *i* des Gefäßes *h* in die Auffangeflasche *k*. In die Gasleitung zum Brenner *q* ist ein Gasdruckregulator und ein Temperaturregulator eingeschaltet, dessen Gefäß über *a* befestigt wird [2]).

Fig. 1905 zeigt den Quecksilberdestillationsapparat von Nebel (1887). Das 6,5 mm weite Rohr *m* endigt in das Gefäß *a*, das einen mittleren Durchmesser von 42 mm und eine Länge von 95 mm besitzt. Daran schließt sich das 6,5 mm weite Rohr *bcd* an, welches direkt über *a* in einen spitzen Winkel umgebogen ist; zwischen *d* und *f* ist ein 1,3 mm weites Rohr, welches am unteren Ende die 15 mm weite Kugel *f*, den 33 mm langen Schliff *g* und das 30 mm lange Glasgefäß *h* mit dem Ausflußrohre trägt. *p* ist eine gewöhnliche, umgestürzte

[1]) Bohn benutzt für oberflächliche Reinigung ein Doppelbarometer aus einem eisernen Gasrohr, zu dessen Erhitzung ein gewöhnlicher Bunsenbrenner genügt. H. N. Morse (1885) bildet den zu erhitzenden Teil des Doppelbarometers aus einer etwa 450 mm langen, fast horizontal liegenden Verbrennungsröhre. — [2]) Zu beziehen von M. Kohl, Chemnitz (Fig. 1904) zu 155 Mk. und von R. Götze, Leipzig, Härtelstraße 6.

Säureflasche, welche 7 kg Quecksilber aufnehmen kann. Sie wird von einem in Paraffin gekochten Kork abgeschlossen, welcher vorsichtshalber mit einem Draht an den Hals der Flasche angebunden ist. Das Ende der Röhre *n*, welche 5 mm weit ist und einen Glashahn *o* enthält, kann durch Verschieben der Flasche 20 bis 30 mm über dem unteren Ende der Röhre *m* eingestellt werden. Das Glasgefäß *l*, welches eine Länge von 110 mm, einen oberen Durchmesser von 46 mm und einen unteren von 29 mm hat, sitzt in einem mit einem vertikalen Schlitz versehenen Holzgefäß welches in dem verstellbaren Brett *v* eingelassen ist. Der Schlitz gestattet, das Quecksilberniveau kontrollieren, sowie die Röhren *m* und *n* richtig einstellen zu können. Ebenso ist der Bunsenbrenner *q* in ein verschiebbares Brett eingelassen. Dem Glas *k*, eingelassen in einen Holzring, wird durch einen kleinen Gummischlauch das destillierte Quecksilber zugeführt, damit das Umherspritzen des Quecksilbers beim Herabfallen verhindert werde. Der untere Teil vom Gefäß *a* und die Einmündungsstelle des Rohres *m* in dasselbe sind mit Asbest und Drahtgaze *r* umgeben. Die Höhendifferenz zwischen der Mitte von Gefäß *a* und dem unteren Ende der Röhre *n* muß gleich dem mittleren Barometerstande des betreffenden Ortes sein; die Röhre *de* ist dagegen 850 mm lang.

Fig. 1905.



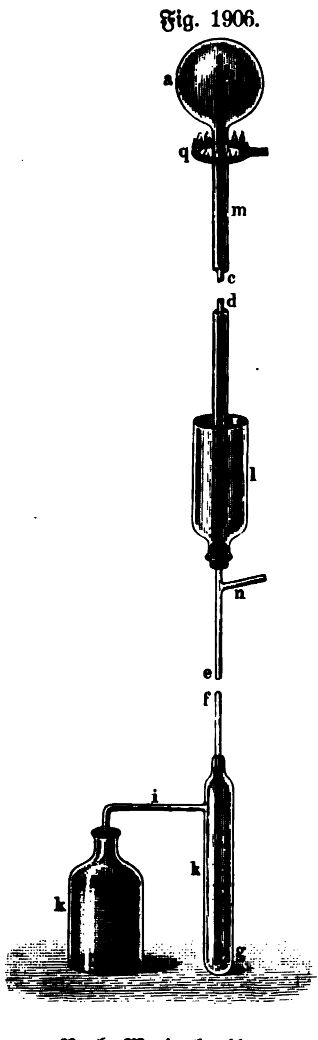
Gebrauch des Apparates. Will man den Apparat in Tätigkeit setzen, so nimmt man die Flasche *p* aus ihrem Gestell heraus und füllt sie mit Quecksilber. Hierauf schließt man den Glashahn *o*, stürzt die Flasche um und bringt sie wieder an ihren Platz, so daß sich nach Öffnen des Hahnes das Gefäß *l* teilweise mit Quecksilber füllt. Nun wird das Rohr *u* mit dem Schlauch der Luftpumpe verbunden und dann *u* in den Schliff *g* eingesetzt. Sollte der Schliff nicht luftdicht abschließen, so muß in das Gefäß *h* etwas reines Quecksilber eingegossen werden. Wird *a* luftleer gemacht, so steigt das Quecksilber in *m* und füllt *a* ungefähr bis zur Hälfte, worauf mit der Destillation begonnen wird. Ist die Kugel *f* mit destilliertem Quecksilber gefüllt, so gestattet man der Luft langsam den Zutritt durch die Pumpe, wodurch sich das Rohr *u* sehr leicht entfernen läßt. *def* ist dann gleichfalls ein Barometer. Der Querschnitt von *de* wurde aber so klein gewählt, daß nun *cde* als Sprengelsche Quecksilberluftpumpe wirkt, somit *abc* während der Destillation stets luftleer gemacht wird.

Das Abflußrohr am Gefäß *h* soll nicht zu eng gewählt werden, da sonst das Quecksilber nur dann ausfließt, wenn der Überdruck des Quecksilbers in *h* ein gewisses Maß erreicht hat, so daß nur eine zeitweise Entleerung von *h* stattfindet. Der Apparat bedarf nunmehr keiner weiteren Wartung; morgens zündet man den Brenner an und abends löscht man die Flamme. Ungefähr alle zwei Tage ist das Gefäß *p* wieder frisch zu füllen, was aber ohne jede Störung der Destillation vor

sich geht. Die Flammengröße ist so zu wählen, daß das Quecksilber in *a* nicht zum Sieden kommt, aber dem Siedepunkt möglichst nahe liegt. Die Erfahrung lehrt, daß, wenn *a* beinahe ganz gefüllt ist, das Quecksilber bei der gleichen Flammengröße leichter zum Sieden gelangt, als wenn es nur den halben Raum einnimmt. Der Apparat liefert, in den oben angegebenen Dimensionen ausgeführt, bei einer mittleren Flammengröße 500 bis 600 *g* destilliertes Quecksilber pro Stunde.

Der Bogen *fe* soll wo möglich halbkreisförmig sein, jedenfalls ist jede rasche Biegung sehr zu vermeiden, da bei dem Sprengelschen Auspumpprozeß sich an der Biegung die Luftbläschen so stark festsetzen, daß das Quecksilber nicht mehr nach *f* gelangen kann, sondern allmählich das Rohr *cde* anfüllt. Abhilfe wird durch Erschütterung des Rohres geschaffen, jedoch ist es besser, die Biegung herauszuschneiden und ein besser gebogenes Glas einzusetzen.

Fig. 1906.



Um das Geräusch und das damit verbundene Stoßen, welches allerdings keinen Schaden bringt, bei dem Aufsteigen der Luft durch *no* nach *p* zu vermeiden, kann man ein zweites engeres Rohr durch den Kork stecken, dessen eines Ende bis zum oberen Boden von *p* reicht, während das andere das Niveau des Quecksilbers in *l* angibt, wobei das Rohr *n* bis zum Boden von *l* geführt werden kann.

Will man den Apparat nicht mehr gebrauchen, so darf man nur die Flamme löschen, man hat dann zwei Barometer, die verhältnismäßig wenig Quecksilber beanspruchen, zumal das Gefäß *l* mit Rücksicht hierauf unten verengt wurde.

Um den Apparat behufs Reinigung auseinander zu nehmen, darf man das Gestell nur langsam nach links neigen, dann fließt das Quecksilber sowohl aus *m*, als aus *h*. Die Reinigung selbst kann dann leicht durch Salpetersäure besorgt werden.

Für ein tadelloses Destillat ist es ratsam, das zu destillierende Quecksilber zuerst einige Tage mit konzentrierter Schwefelsäure zu behandeln.

Um des Quecksilbers nicht verlustig zu werden, falls aus irgend einem Anlaß der Apparat zugrunde gehen sollte, tut man gut daran, den Boden des Apparates mit Holz oder Pappe zu umgeben.

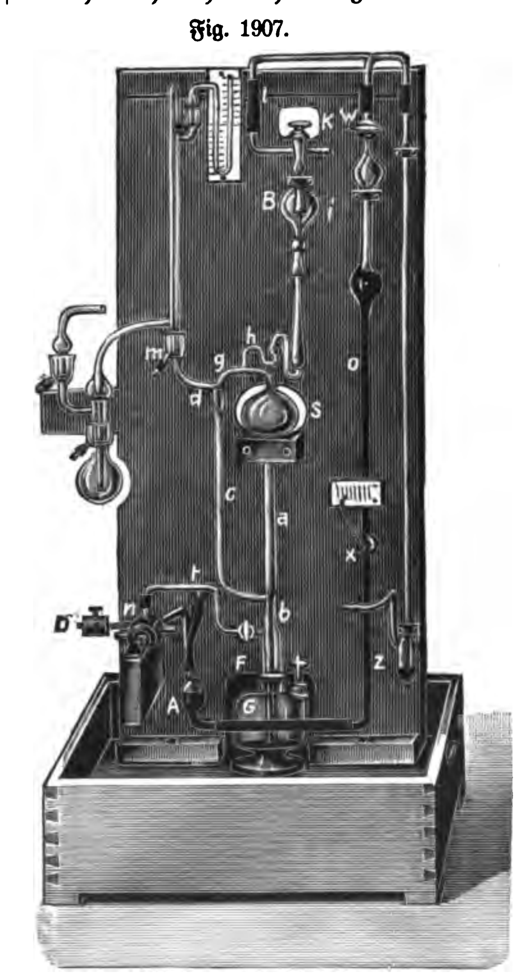
Nach Weinhold genügt dieser Apparat von Nebel nur dann, wenn das Quecksilber schon vor dem Destillieren gut gereinigt und getrocknet ist, da andernfalls sich mehr Gas ansammelt, als das Destillat abzusaugen vermag. Er hat ferner den Nachteil, daß sich das Gefäß *a* nicht reinigen läßt und daß es zerbrechlicher ist als die Kugel, auch erscheint die Sturzflasche weniger bequem als eine Mariottesche Flasche, wie sie Weinhold bei seinem früher [Carls Rep. IX, S. 69 (1873) und XV, S. 1 (1879)] konstruierten Apparat (Fig. 1906) benutzt.

Dr. C. Kiß, Glastechnisches Laboratorium, Budapest VIII, Esterhazygasse 1, empfiehlt den von ihm zum Preise von 18 fl zu beziehenden Apparat von Schuller, mit welchem man in 12 Stunden 6 bis 7 kg Quecksilber destillieren kann. Die Einrichtung ist der des Weinholdschen ähnlich.

Alle diese Apparate arbeiten sehr langsam, indes beanspruchen sie fast gar keine Beaufsichtigung und können daher tagelang ununterbrochen im Betriebe bleiben, so daß man nichtsdestoweniger große Quantitäten Quecksilber ohne erhebliche Mühe reinigen kann.

Man hat auch versucht, die Reinigung des Quecksilbers auf elektrolytischem Wege zu bewirken, indem man das unreine Quecksilber als Anode in eine geeignete Quecksilberlösung (Merkuronitrat) einbringt. An der Platinkathode scheidet sich dann reines Quecksilber aus, die etwa beigemischten fremden Metalle bleiben in Lösung (Stromdichte 0,01 Ampere pro Quadratcentimeter). Die Destillation ist indes die billigere und die bequemere Methode.

Fig. 1907.



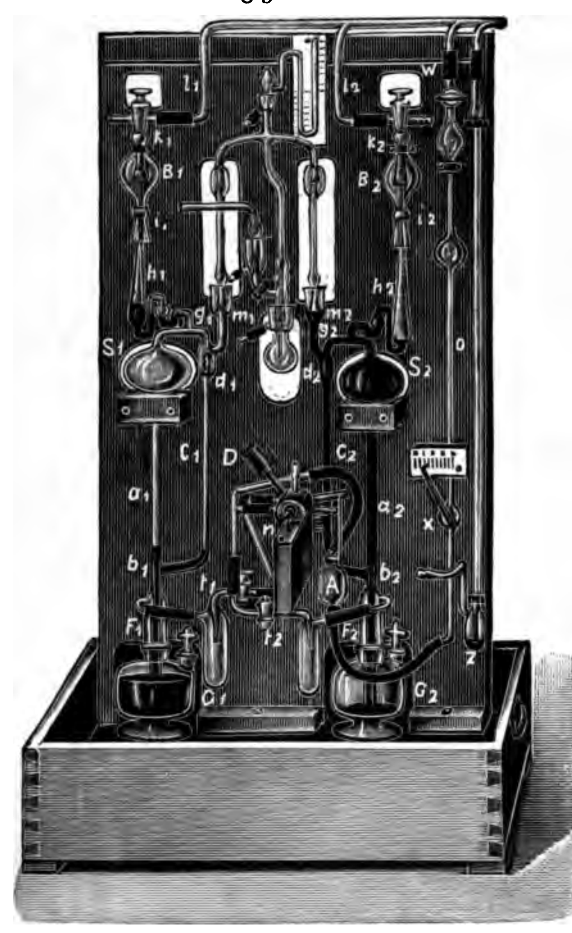
b) Die Quecksilberluftpumpe. Die Einrichtung der gewöhnlichen Geißlerschen und Töplerschen Kugel-Quecksilberluftpumpe [1]) wird später beschrieben. Seitdem brauchbare automatisch wirkende Pumpen konstruiert worden sind, wird sie wohl kaum mehr verwendet, da der Handbetrieb viel zu zeitraubend ist.

Für die meisten Zwecke, für welche früher eine Quecksilberpumpe gebraucht wurde, reicht man heute mit der Fleußschen Ölpumpe aus, die ebenfalls erst später beschrieben wird, insofern sie auch als Demonstrationsluftpumpe Verwendung finden kann. Die automatischen Quecksilberpumpen, die nach dem Vorpumpen mit der Ölpumpe insbesondere bei Evakuierung großer elektrischer Eier oder Entladungsröhren zweckmäßig verwendet werden und dabei gewöhnlich Tag und Nacht im Betriebe bleiben, eignen sich weniger zur Ausführung von Vorlesungsexperimenten und sollen deshalb hier besprochen werden. Schon Poggendorf ließ das Quecksilber durch eine Wasserluftpumpe oder andere Vorpumpe hinaufsaugen. Schuller, Wied. Ann. 13, 528, 1881 u. Zeitschr. f. Instr. 15, 59, 1895, machte die Pumpe zum erstenmal automatisch wirkend [2]), nachdem zuvor v. Babo (Beibl. 3, 738, 1879) eine selbsttätige Luftpumpe nach Sprengelschem Prinzip konstruiert hatte. Neesen [3])

[1]) Bessel-Hagen, Wied. Ann. 12, 425, 1881. — [2]) Zu beziehen von Dr. K. Kiß, Budapest, Polytechnikum, Esterhazygasse 1, zu 100 bis 150 fl. — [3]) Neesen, Zeitschr. f. Instr. 2, 285, 1882; 9, 343, 1889 und 23, 47, 1903.

brachte verschiedene weitere Verbesserungen an, insbesondere insofern er zwischen Saugraum und Fallrohr eine Erweiterung einschaltete, um zu verhindern, daß die vom Quecksilber ausgetriebenen Luftblasen beim Zurückströmen wieder von demselben mitgenommen werden. Die neueste Form seiner Pumpen ist dargestellt in den Fig. 1907 und 1908. Erstere zeigt eine einfach-, letztere eine doppelwirkende Pumpe[1]). Bezüglich der Einrichtung und des Gebrauchs muß auf die zitierte Abhandlung vom Jahre 1903 verwiesen werden.

Fig. 1908.



Raps[2]) ersann einen sehr brauchbaren Mechanismus, um die Reesensche Pumpe automatisch zu machen. (Fig. 1909.)

Das untere Gefäß einer Töpler-Hagenschen Pumpe H ist auf einer Wippe D befestigt, welche mit dem Dreiweghahn K der Wasserleitung in Verbindung steht. Bei der gezeichneten Stellung dieses Hahns fließt das Wasser durch denselben in den darüber angebrachten Windkessel M, komprimiert daselbst die Luft, die ihrerseits eine in dem Gefäß befindliche Kautschukblase aufbläht und dadurch das Quecksilber in die obere Kugel Q der Pumpe treibt. Infolge der hierdurch bedingten Erleichterung des Gefäßes kippt die Wippe um und wird in der neuen Stellung dadurch festgehalten, daß sich das auf Schienen laufende Gewicht C an das nun tieferliegende entgegengesetzte Ende der Wippe begibt. Insofern durch diese Bewegung der Wippe der Dreiweghahn umgelegt wird, sodaß nunmehr der Windkessel mit der Ablaufleitung in Verbindung gebracht wird, somit die Pressung der Luft wieder beseitigt wird, fließt das Quecksilber aus dem oberen Gefäß wieder in das untere zurück, wie beim Senken des Gefäßes bei der gewöhnlichen Quecksilberpumpe. Hierauf wiederholt sich das Spiel, da auch das Laufgewicht beim Umschlagen der Wippe infolge der Gewichtszunahme des Gefäßes wieder in seine alte Stellung gebracht wird.

Jaumann[3]) betrachtet als einen wesentlichen Mangel aller angegebenen

[1]) Beide Formen sind zu beziehen von R. Burger, Berlin N., Chausseestraße 2 E., zu bezw. 200 Mk. und 250 Mk. — [2]) Raps, Zeitschr. f. Instrum. 11, 256, 1891; 13, 62, 1893. Diese automatische Quecksilberluftpumpe von Raps, Fig. 1909 ist zu beziehen von Ernecke, Berlin; Franz Müller, Bonn; Max Stuhl, Berlin NW., Philippstr. 21, u. a. zu 290 Mk. — [3]) Wied. Ann. 61, 204, 1897 und Zeitschr. f. Instrum. 17, 243, 1897.

Pumpen den, daß das Quecksilber bei der Rückwärtsbewegung kleine Luftblasen, die am Glase hängen geblieben sind, mit sich nehmen kann. Er vermeidet dies durch die in Fig. 1910 dargestellte Konstruktion, wobei das einmal ausgetriebene Quecksilber nicht mehr zurückfließen kann. Bezüglich der Einzelheiten muß auf die zitierte Abhandlung verwiesen werden [1]).

Für hohe Verdünnungsgrade eignen sich besonders die Fallrohrpumpen nach Sprengelschem Prinzip. Einfache Handpumpen werden später beschrieben. Zum

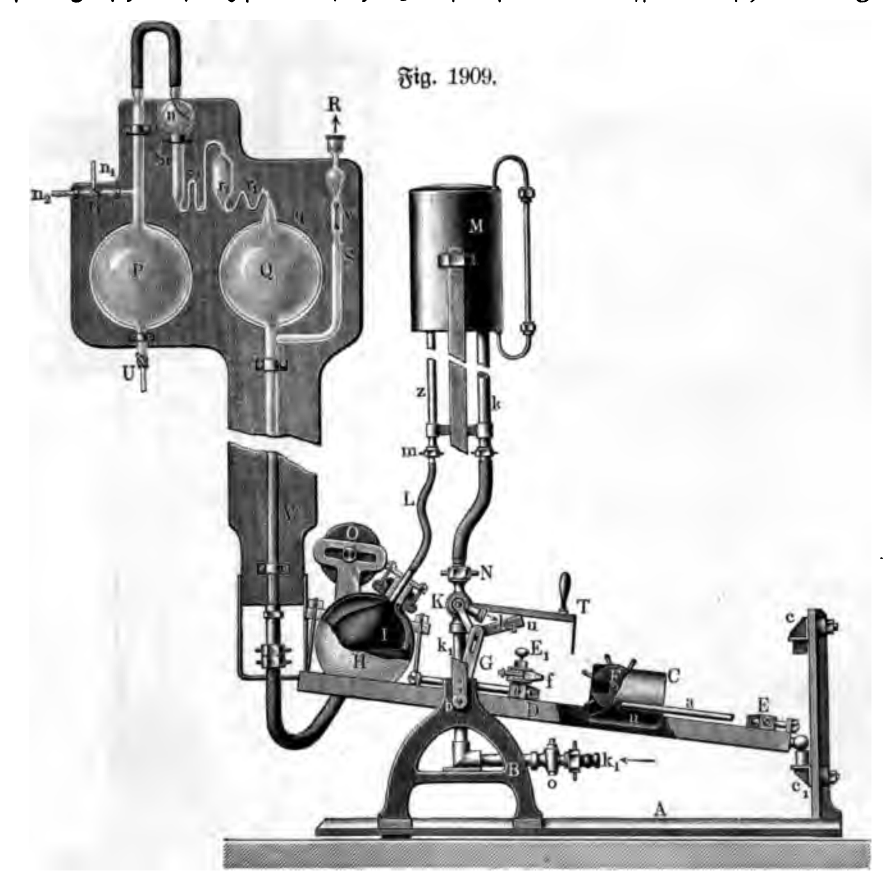


Fig. 1909.

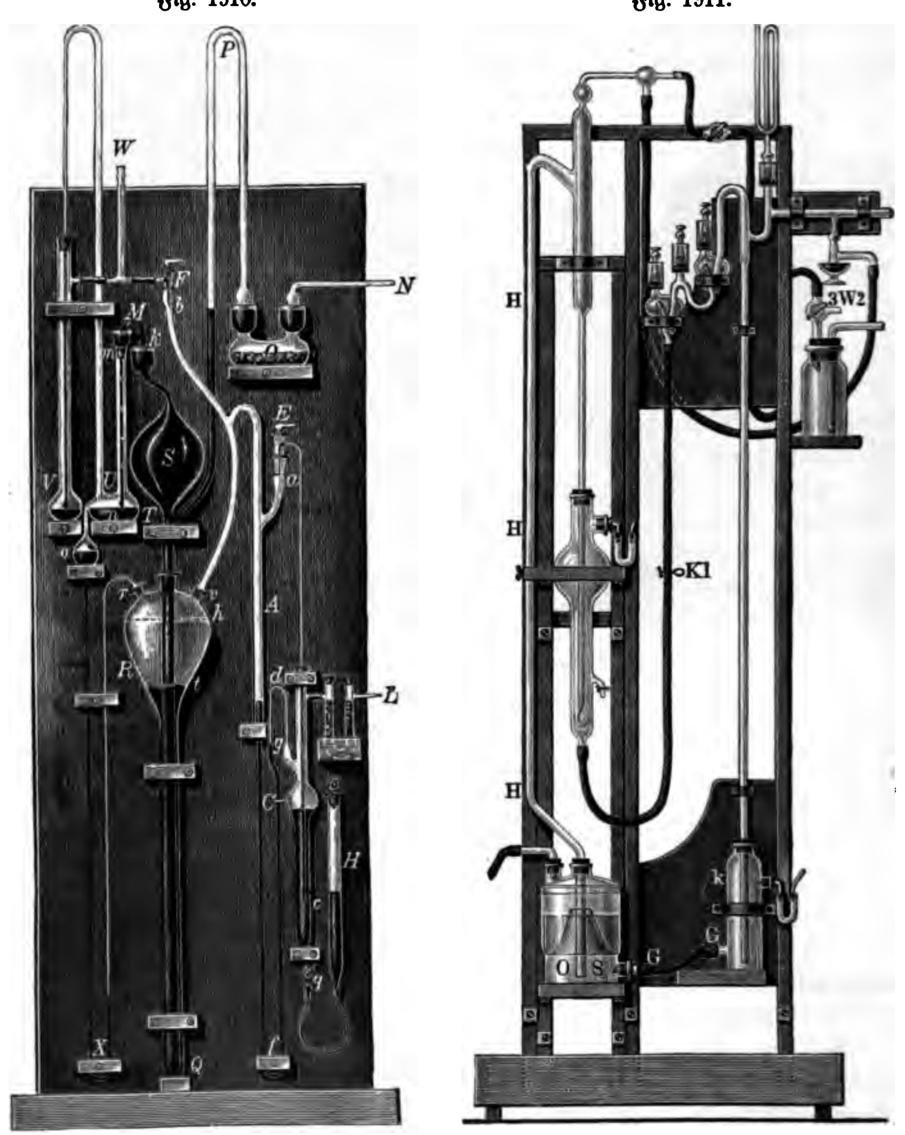
Auspumpen größerer Gefäße ist die selbsttätig wirkende Pumpe von Kahlbaum [2]) (Fig. 1911) zu empfehlen.

Sie wird am bequemsten in Verbindung mit einer an den Hahn 3 W_2 anzuschließenden Wasserluftpumpe gebraucht. Das Quecksilber gelangt aus dem verstellbaren Gefäß *R* durch den mit der Klemme *Kl* versehenen Schlauch über Luftfallen in die Ausflußspitze, deren lichte Weite etwas kleiner ist als die des Fallrohrs, sodann in das Gefäß *K*, aus welchem es dann durch den Schlauch

[1]) Die Pumpe ist zu beziehen von Dr. H. Geißlers Nachf. Franz Müller in Bonn, zu 200 Mk. Sie erträgt den Transport in fast völlig montiertem Zustande. — [2]) Kahlbaum, Ann. d. Phys. 6, 590, 1901; Wied. Ann. 53, 199, 1894; Z. 8, 90, 1894 und Drud. Ann. 6, 590, 1901. Die Pumpe ist zum Preise von 110 bis 270 Mk. zu beziehen von Max Kohl in Chemnitz, Carl Kramer, Glastechniker in Freiburg in B. und Lenoir u. Forster, Wasagasse 5 in Wien.

G G in das Gefäß *O S* gelangt, von wo es gemischt mit Luftblasen durch *HHH* nach *R* zurückgelangt. Vor dem Gebrauch muß die Pumpe mit größter Sorgfalt getrocknet und das Eindringen von feuchter Luft während des Gebrauchs verhindert werden, zu welchem Zwecke an geeigneten Stellen Gefäße mit Phosphorsäure-

Fig. 1910. Fig. 1911.



anhydrit eingeschaltet sind. Apparate von 500 ccm Inhalt werden evakuiert i 3 Min. bis 0,5 mm, in 15 Min. bis 0,000165 mm, in 30 Min. bis 0,000069 mı Die in 610 Stunden erreichte maximale Verdünnung betrug 0,0000018 mm.

Ein Hauptübelstand der Sprengelschen Pumpen [1]) ist der, daß die Fallröhrı

[1]) Eine einfache automatische Sprengelsche Quecksilberluftpumpe nach Dr. Bol: wood (Americ. chem. Journal 1897, Vol. 19, Nr. 1) (Fig. 1912) liefert Dr. H. Geißleı Nachf. Franz Müller in Bonn, zu 50 Mk.

in der Regel nicht lange halten, sondern infolge der fortwährenden Erschütterungen schließlich springen und durch neue ersetzt werden müssen. Um die Fallröhren widerstandsfähiger zu machen, empfiehlt Rood (1880) dieselben vorher fünf Stunden lang in einer eisernen Röhre einer Temperatur auszusetzen, die etwa dem Schmelzpunkte des Zinks entspricht und sie alsdann langsam eine bis zwei Stunden lang abkühlen zu lassen. Man hat auch die Anwendung von Stahlkapillaren versucht. Statt einer Fallröhre kann man auch deren zwei (Fig. 1913) oder mehr benutzen.

Donkin (1886) verwendet viele an beiden Enden offene Fallröhren, deren Enden in luftdichte Gefäße eingeführt sind. In der Nähe der oberen Enden befinden sich feine seitliche Öffnungen in den Fallröhren, durch welche das im oberen Gefäß enthaltene Quecksilber eindringt. Das untere Gefäß ist mit einer Abflußröhre versehen, die selbst wieder als Sprengelsche Pumpe wirkt und das Gefäß luftleer erhält [1]).

Fig. 1914 zeigt den Hauptteil einer Sprengelschen Luftpumpe ähnlicher Konstruktion von W. Maxwell und T. B. Hughes (1886), welche ganz aus Eisen verfertigt ist und in Verbindung mit einer gewöhnlichen Kolbenluftpumpe automatisch arbeitet, so daß nur ein Motor zum Betriebe nötig ist. Statt einer Fallröhre sind deren neun AA angebracht. Das Quecksilber gelangt aus dem Gefäße dd, welches durch E mit dem zu evakuierenden Gefäße verbunden ist, nach C, in welchem sich die mitgerissene Luft ansammelt und durch die gewöhnliche Luftpumpe entfernt wird. Um nun das Quecksilber aus C wieder nach B zu bringen, stehen mit diesen Behältern zwei andere in gleicher Höhe befindliche (nicht gezeichnete) Behälter I und II durch die Röhren f resp. h in Verbindung, welche unter sich durch ein vertikales Rohr verbunden sind. Beide stehen mit dem Rezipienten der gewöhnlichen Luftpumpe in Verbindung. Aus C gelangt das Quecksilber durch das Rohr f (mit Rückschlagventil) nach I und steigt in demselben immer höher an, bis durch einen Schwimmer ein Ventil geöffnet wird, welches die Verbindung mit der gewöhnlichen Luftpumpe aufhebt und dagegen Verbindung mit der Atmosphäre herstellt. Durch den Luftdruck wird nun das Quecksilber durch die vertikale Röhre nach Gefäß II getrieben und strömt von hier aus durch h nach B zurück, so oft ein das Rohr h verschließendes Ventil durch einen Schwimmer im Gefäße II geöffnet wird.

Eine automatische Fallrohrpumpe, welche nur 1 bis $1^1/_4$ kg Quecksilber erfordert und dennoch fast dasselbe leistet wie die Kahlbaumsche (500 ccm in 15 Minuten auf 0,000165 mm, in 30 Minuten auf 0,000069 mm) beschreibt W. Donle [2]). (Fig. 1915.)

Die Herstellung der Verbindung der Pumpe mit dem Rezipienten bewirkt man

[1]) Über eine einfache selbsttätige Sprengelsche Pumpe mit mehreren Fallröhren, siehe Neesen, Zeitschr. f. Instr. 14, 125, 1894. — [2]) Zeitschr. f. Instr. 20, 79, 1900 und Ann. d. Phys. 10, 313, 1903. Sie ist zu beziehen nach Fig. 1915 von Max Kohl in Chemnitz zu 100 Mk. Eine automatische Pumpe eigener Konstruktion liefert Gustav Eger in Graz. Eine neue Konstruktion beschreiben Berlemont und Jouard (Beibl. 25, 409, 1901). Über eine zur Selbstanfertigung geeignete Modifikation von Kahlbaums Quecksilberluftpumpe siehe Zehnder, Ann. d. Phys. 10, 623, 1903. Dieselbe ist auch zu beziehen von Dr. Bender und Dr. Hobein, Fabrik chem. Apparate in München, zu 15 bis 20 Mk.

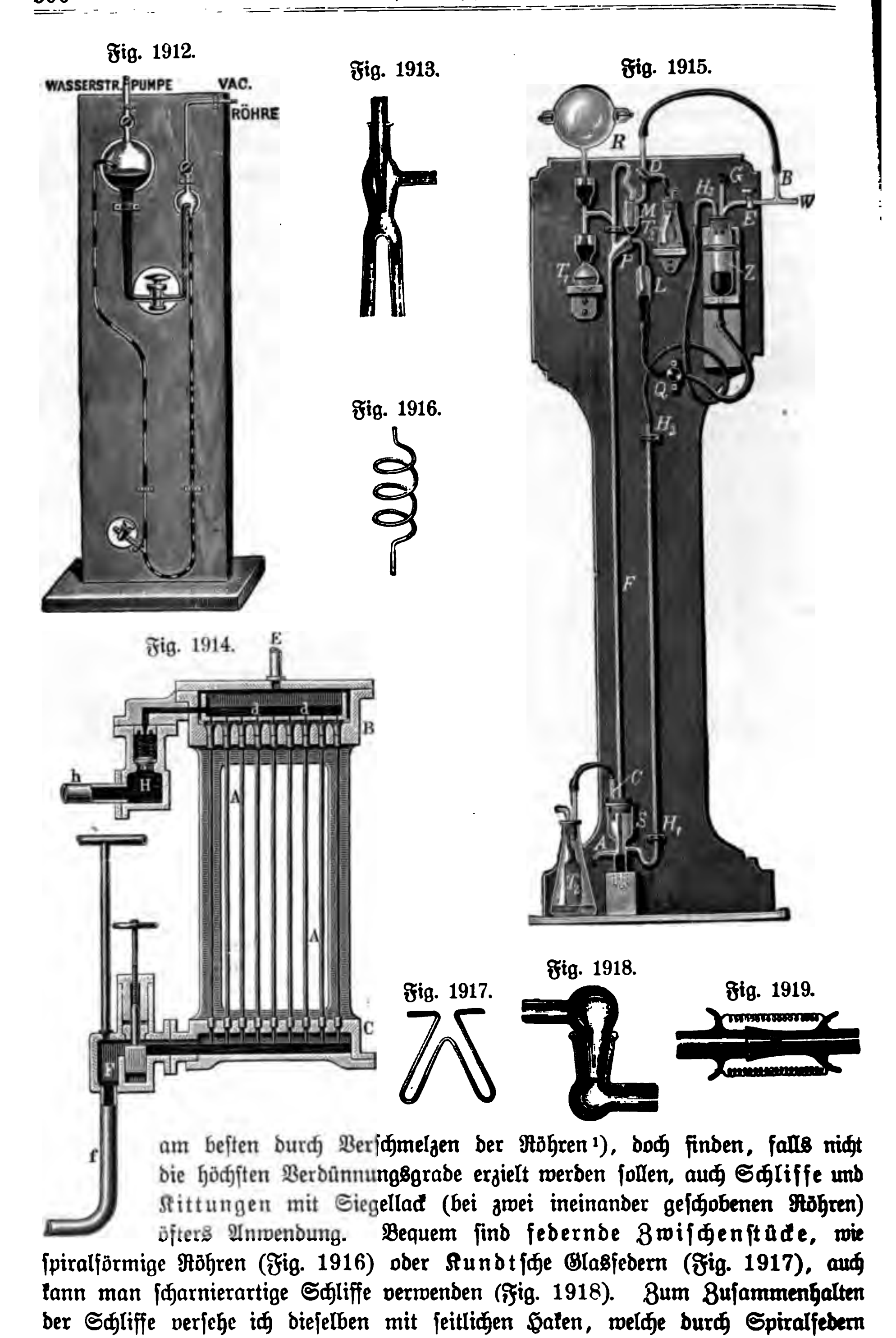


Fig. 1912. Fig. 1913. Fig. 1915. Fig. 1916. Fig. 1914. Fig. 1917. Fig. 1918. Fig. 1919.

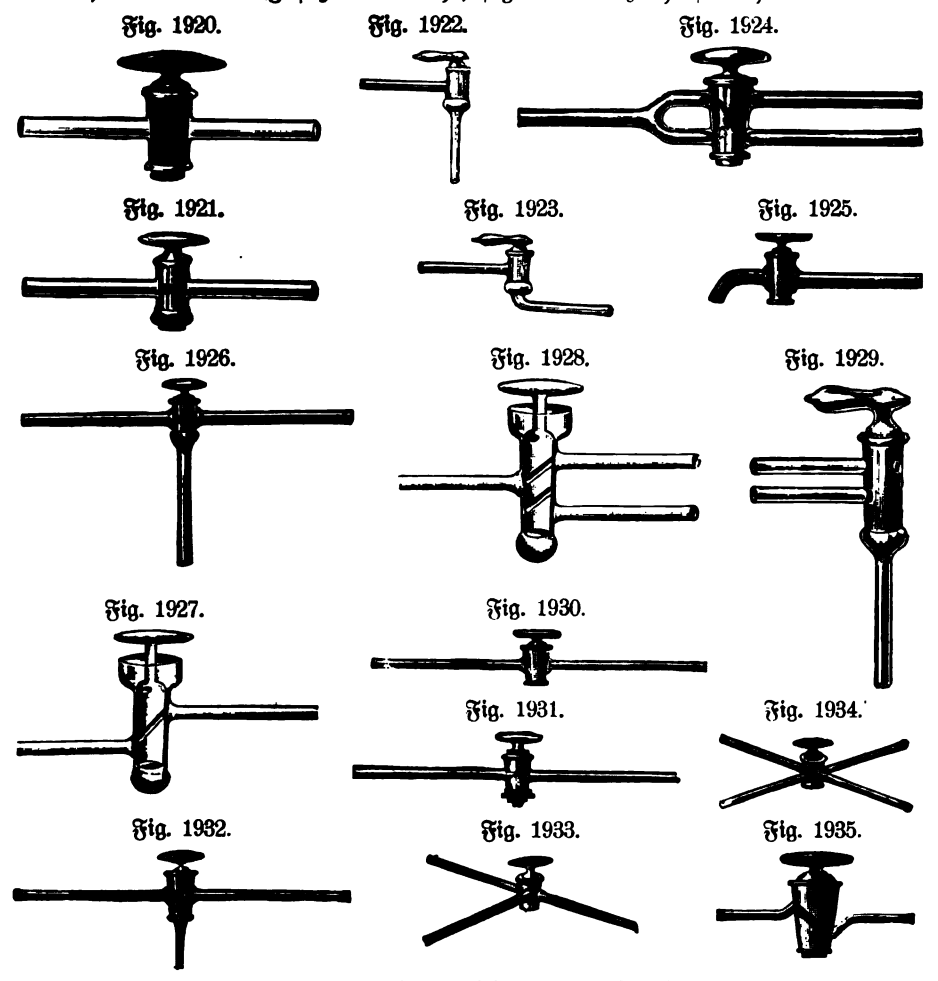
am besten durch Verschmelzen der Röhren[1]), doch finden, falls nicht die höchsten Verdünnungsgrade erzielt werden sollen, auch *Schliffe* und *Kittungen* mit Siegellack (bei zwei ineinander geschobenen Röhren) öfters Anwendung. Bequem sind *federnde Zwischenstücke*, wie spiralförmige Röhren (Fig. 1916) oder *Kundt*sche Glasfedern (Fig. 1917), auch kann man scharnierartige Schliffe verwenden (Fig. 1918). Zum Zusammenhalten der Schliffe versehe ich dieselben mit seitlichen Haken, welche durch Spiralfedern

[1]) Hierzu empfiehlt sich die Anwendung des kleinen Gaslötrohrs, welches ich bereits vor 20 Jahren angegeben habe (vgl. S. 495) oder des ähnlichen, welches *Zehnder*, Ann. d. Phys. 10, 623, 1903, beschreibt.

verbunden werden[1]) (Fig. 1919). Zum Abschließen dienen in der Regel Glashähne[2]).

Bottomley (Proc. Roy. Soc. 40, 249, 1886) konstruierte ein Verbindungsstück, welches erlaubt, den Rezipienten jederzeit von der Pumpe abzunehmen und wieder anzusetzen, ohne daß dabei in die Röhre oder in die Pumpe Luft kommt[3]).

Zum Schmieren der Glashähne und Schliffe dienen Talg oder Vaseline oder Lanolin, eventuell mit Zusatz von Wachs, sogenanntes Hahnfett[4]).



Nach Chappuis (1881) ist eine Mischung von Vaseline und weißem Wachs besonders geeignet als Dichtungsmittel für Schliffe u. s. w. an Quecksilberluftpumpen.

[1]) O. L., Phys. Technik, 1885, Fig. 596. — [2]) Glashähne in verschiedensten Formen, wie Fig. 1920 bis 1935, liefert Fr. Hugershoff in Leipzig, Carolinenstraße 13. — [3]) Vgl. Klatt und Lenard, Wied. Ann. 38, 103, 1889. — [4]) Krafft (1896) empfiehlt statt der vielfach benutzten Mischung aus Wachs mit Paraffinöl oder Knochenöl für Temperaturen über 15° ein Gemisch aus 2 Tln. weißem Wachs und 1 Tl. Lanolin. Nach F. C. Phillips (1898) eignet sich eine Mischung von 70 Tln. reinem Gummi, 25 Tln. Walrat und 5 Tln. Vaseline oder 70 Tln. reinem Gummi und 30 Tln. gelbem ungebleichtem Wachs. Durch konzentrierte Salpetersäure lassen sich diese Schmiermittel leicht wieder von den Hähnen entfernen.

Man hält sich zweckmäßig Hahnfette von verschiedener Konsistenz vorrätig, weil das für den Winter bestimmte Fett in den Sommertagen zu weich sein würde und das Sommerfett im Winter zu steif. Ebert empfiehlt für Stoffe, welche Fette lösen, Zucker in Glycerin gelöst.

Auch eine sirupdicke Lösung von Phosphorsäure ist ein gutes Schmiermittel, welches den Vorzug hat, keine Fettdämpfe zu entwickeln, sie muß aber durch eine Schicht Quecksilber gegen Berührung mit der Luft geschützt werden[1]).

In jedem Falle muß man dafür sorgen, daß das Schmiermaterial beim Auseinandernehmen des Schliffs nicht in der Röhre herunterfließen kann.

Um dies zu ermöglichen, habe ich bei meinen Untersuchungen über Dampftensionen[2]) dem Schliff die umgekehrte Lage wie üblich (Fig. 1936) gegeben und den sich verjüngenden Teil des Schliffes mit einem Trichter umgeben lassen, welcher mit Quecksilber gefüllt wird. Die Teile des Schliffes, welcher von dem Glasbläser Kramer in Freiburg hergestellt wurde, hatten fast genau die Form Fig. 1937 und 1938, welche einer Abhandlung von Kahlbaum[3]) entstammen. Die Erweiterung bei Fig. 1938, deren Zweck Kahlbaum nicht angibt, diente als Anhalt für eine aufgeschobene federnde Blechscheibe, welche mit einer zweiten an die Basis des Trichters, Fig. 1937, sich anlegenden durch drei Schrauben verbunden wurde, da der untere Teil des Schliffs durch den oberen getragen werden mußte (vgl. Fig. 1939 u. 1940).

Auch Quecksilber allein kann zur Dichtung solcher Schliffe gebraucht werden. Sollen dieselben gegen Überdruck dicht halten, so wird der obere Teil, wie Fig. 1941[4]) zeigt, an den Trichter angeschliffen. Die Oberflächenspannung des Quecksilbers in dem sehr engen Raum zwischen den Schliffhälften vermag hohen Drucken Widerstand zu leisten. Da es die Untersuchungen nötig machten, einen Schliff zu haben, der auch für wechselnden Unter- und Überdruck zu gebrauchen war, habe ich ferner den Schliff Fig. 1942 konstruiert, bei welchem diese Wirkung erzielt wird, wenn die beiden Quecksilbermassen innerhalb und außerhalb der oberen Röhre nicht miteinander in Verbindung stehen, sei es, daß der Kapillarraum mit Luft oder mit Phosphorsäuresirup oder dergleichen gefüllt ist. Natürlich müssen Schliffe, welche gegen Überdruck dicht halten sollen, durch Federn oder Schrauben, wie die Fig. 1939 und 1940 andeuten, verbunden sein[5]).

Kahlbaum hat später die beschriebene Dichtungsweise der Schliffe auch auf die Hähne übertragen.

Der Hahnzapfen erhält, wie Fig. 1944 zeigt, den mit Quecksilber zu füllenden Trichter, so daß der Rand des Hahnkörpers (Fig. 1945) in das Quecksilber eintaucht. Nach gleichem Prinzip können Dreiweghähne, sonst von der Form Fig. 1929, konstruiert werden, indem der Hahnkörper, Fig. 1945, ein zweites Seitenrohr erhält[6]).

Um horizontal liegende Schliffe mit Quecksilber zu dichten, umgibt sie Kahlbaum mit einem entsprechend komplizierteren Quecksilbergefäß[7]).

---

[1]) Dr. Kiß, Budapest VIII, Esterhazygasse 1, liefert ein Hahnfett zum Preise von 1 fl. für 30 g, welches im Sommer und Winter brauchbar bleibt, nicht flüchtig ist, weder ranzig noch hart wird und durchsichtig erscheint. — [2]) Vgl. Zeitschr. f. Instrumentenkunde 1886, S. 63. — [3]) Zeitschr. f. Instrumentenkunde 14, 21, 1894. — [4]) Die Fig. 1941, 1942, 1940 u. s. w. sind meinem Buche über physikalische Technik, Leipzig 1885, S. 241 entnommen. — [5]) Über das Lösen festsitzender Schliffteile und Hahnzapfen siehe unter Glasschleifen. — [6]) Solche Hähne sind zu beziehen von Carl Kramer in Freiburg i. B. u. E. Leybolds Nachf. in Köln a. Rh. — [7]) Zeitschr. f. Instrumentenkunde 21, 265, 1901.

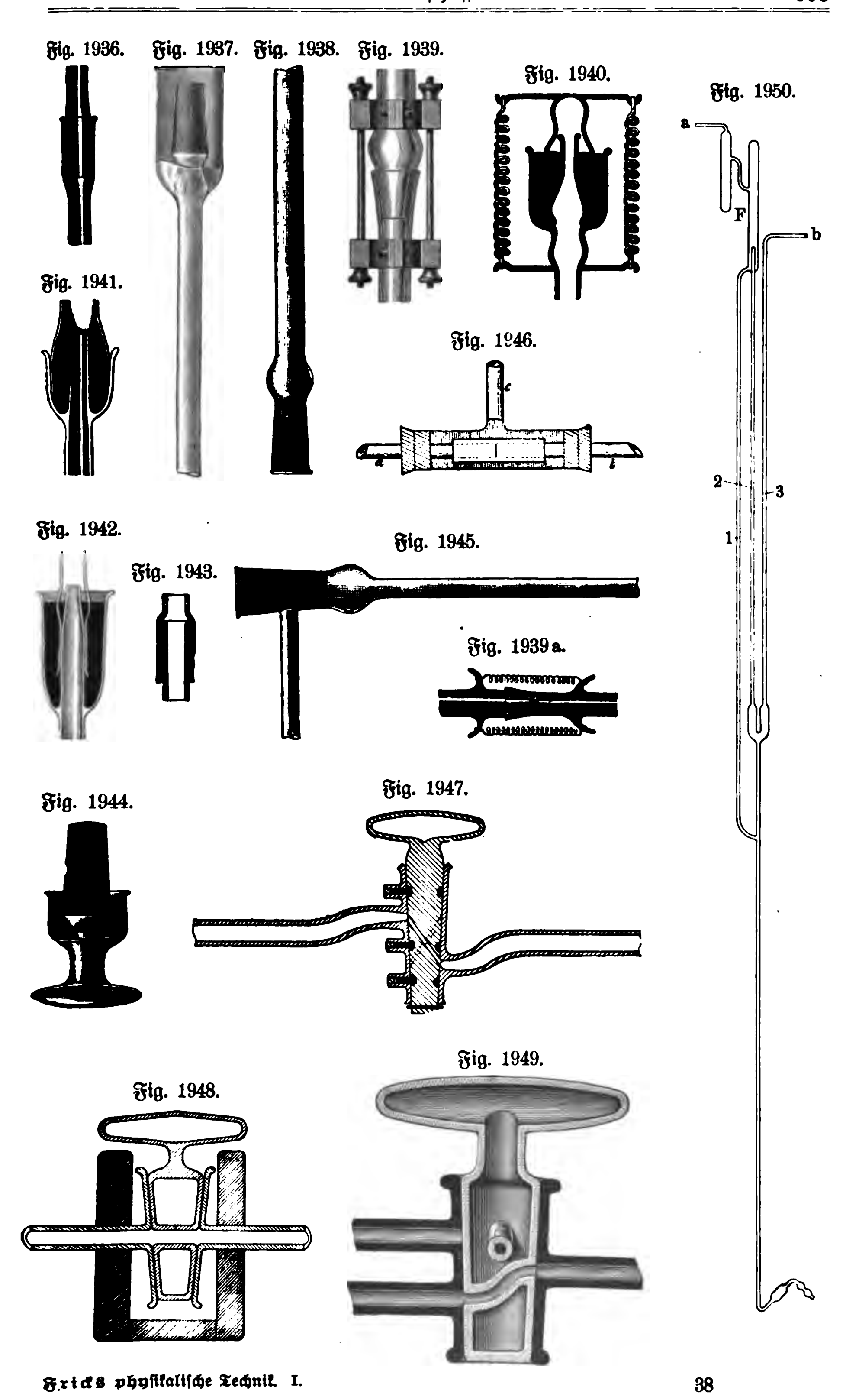


Fig. 1936. Fig. 1937. Fig. 1938. Fig. 1939. Fig. 1940. Fig. 1950. Fig. 1941. Fig. 1946. Fig. 1942. Fig. 1943. Fig. 1945. Fig. 1939 a. Fig. 1944. Fig. 1947. Fig. 1948. Fig. 1949.

Nach Kalecsinszky (1891) kann man sogar Schlauchverbindungen auf diese Weise mit Quecksilber absolut dicht herstellen, wie dies aus Fig. 1946 wohl ohne weiteres erkennbar ist. Ist der Schlauch dünn, so müssen natürlich die Enden von *a* und *b* dicht aneinander stoßen.

Da sich bei Glashähnen zuweilen ringsum laufende Rillen ausbilden, welche einen Nebenschluß zur Hahnbohrung darstellen und völlig dichtes Schließen des Hahnes verhindern, haben Greiner und Friedrichs Glashähne mit schiefer Bohrung (Fig. 1935, 1924, 1927, 1928, 1949) konstruiert. Göckel verbesserte dieselben noch dadurch, daß er, wie Fig. 1947 zeigt, sowohl außer den beiden Hahnarmen, wie dazwischen Quecksilberrinnen anbrachte, welche den Durchgang der Luft hindern [1]).

Einfacher kann man nach Thiele und Eckardt (Drudes Annalen **6**, 428, 1901) den Hahn ganz in Quecksilber in ein aus paraffiniertem Kork hergestelltes Gefäßchen setzen (Fig. 1948). Absolute Dichtung wird aber auch hierdurch nicht erzielt, man müßte vielmehr den Hahn nach Fig. 1947 konstruieren, aber dabei die Quecksilbernuten so groß nehmen, daß sich das Quecksilber trotz der Kapillarwirkungen gut an das Glas anlegt.

De Romilly (1889) verwendet das Prinzip der Töplerschen Quecksilberluftpumpe auch zum Ersatz von Hähnen, um Rezipienten untereinander

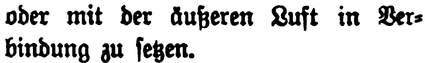
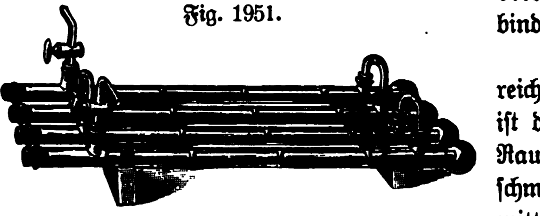

oder mit der äußeren Luft in Verbindung zu setzen.

Fig. 1951.



Am vollkommensten wird dies erreicht, wie Fig. 1950 andeutet. An *b* ist der Raum mit größerem, an *a* der Raum mit niedrigerem Druck angeschmolzen. An das untere Ende wird mittels eines Kautschukschlauches ein Quecksilbergefäß angebracht, welches sich heben und senken läßt. Steht es hoch genug, so ist die Verbindung zwischen *a* und *b* unterbrochen, senkt man es, so wird das in 2 stehende Quecksilber nach oben herausgeschleudert und läuft durch 1 zurück. Um zu hindern, daß einzelne Tropfen nach *a* gelangen, ist die Quecksilberfalle *F* angebracht. Vor den Hähnen hat diese Einrichtung noch den Vorzug, daß Verunreinigung der Gase durch Fettdämpfe ausgeschlossen ist, dagegen den Nachteil, daß die Luft in den Röhren 2 und 3 zu großen Widerstand findet und daß auch wohl durch den Stoß des heraufgeschleuderten Quecksilbers die Vorrichtung leicht zerbrechen kann. Letzteres kann durch Anwendung zweier hintereinander geschalteter einfacher Apparate vermieden werden [2]).

Beim Arbeiten mit der Quecksilberluftpumpe muß vor allem auf möglichste Trockenheit der Luft und der Pumpe geachtet werden, eventuell füllt man die Pumpe wiederholt mit trockener Luft oder entleert die Pumpe ganz und leitet trockene Luft hindurch. Das Quecksilber wird am sichersten durch Erwärmen auf 140° getrocknet. Als hygroskopische Substanz zum Trocknen dient fast ausschließlich wasserfreie Phosphorsäure [3]) (vgl. S. 575).

[1]) Solche Hähne sind zu beziehen von der Thüringischen Glasinstrumentenfabrik von Alt. Eberhardt u. Jäger in Ilmenau. — [2]) Vgl. W. Wien, Drudes Ann. 5, 424, 1901. — [3]) Einen Trockenapparat für glasige Phosphorsäure nach Fig. 1951 liefert Müller-Uri, Braunschweig, zu 9 Mk.

Jedenfalls muß man beim Auspumpen stets möglichst weite Röhren, Schliffe und Hähne verwenden und die Verbindungen so kurz wie möglich halten, da die sehr verdünnte Luft sich nur außerordentlich langsam durch die Rohrleitungen bewegt [1]).

Aus dem gleichen Grunde muß das Manometer hinter das zu evakuierende Gefäß gesetzt, nicht, wie es häufig geschieht, an die Verbindungsleitung oder gar an die Luftpumpe selbst angeschlossen werden, falls man während der Evakuierung den Druck messen will.

78. Zimmer für feine Arbeiten. a) Uhrmacherarbeiten. Arbeiten an feinen Uhrwerken werden naturgemäß nicht an der gewöhnlichen Werk- und Dreh-

Fig. 1952. Fig. 1953. Fig. 1954. Fig. 1955.

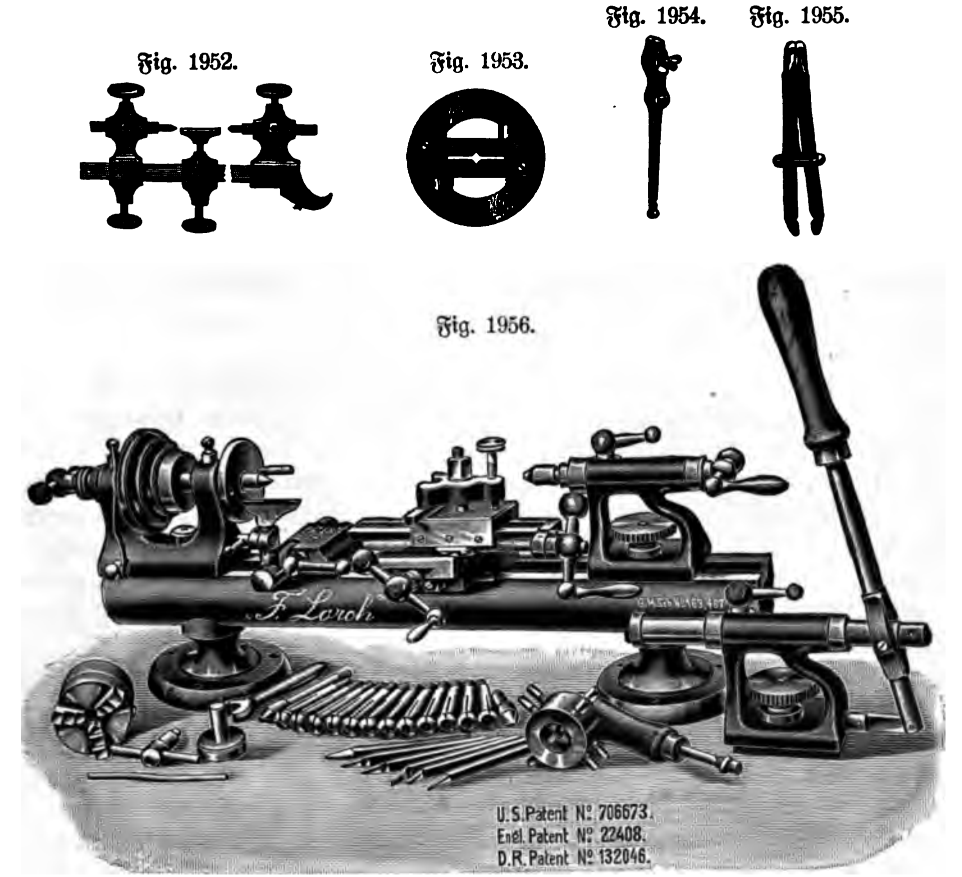


Fig. 1956.

bank ausgeführt, sondern an dem Uhrmacherschraubstock und auf dem Drehstuhl, welche beide an einem speziell dazu bestimmten, sehr rein gehaltenen Tisch befestigt sind. Auf diesen legt man ein größeres Zinkblech mit eingelegtem Draht am Rande, welches leicht gereinigt werden kann und das Herunterrollen kleiner Schräubchen und dergleichen hindert. Eine ältere, sehr einfache Form des Drehstuhles zeigt Fig. 1952. Er kann mittels des Hakens im Schraubstock befestigt werden. Die Umdrehung der zwischen den Spitzen eingespannten Gegenstände wird

[1]) Über den Nachteil enger Verbindungsröhren bei Luftpumpen s. Kahlbaum, Beibl. 19, 235, 1895.

mittels einer aufgeschraubten Rolle (Fig. 1953) durch Hin- und Herziehen einer in einem Fischbeinbogen befestigten Saite bewirkt. Die Handhabung ist sehr unbequem und erfordert viel Übung. Weitaus zweckmäßiger sind die kleinen Drehstühle mit Amerikanerzangen, welche von der Firma Lorch, Schmit u. Co. in Frankfurt a. M. zu beziehen sind.

Es sind Miniaturdrehbänke, welche sich von einer solchen nur dadurch unterscheiden, daß sie auf einen beliebigen Tisch aufgeschraubt und durch ein ebenfalls an diesen Tisch angeschraubtes Schwungrad mit kleinem Vorgelege betrieben werden können.

Der Tisch erhält zweckmäßig die Form eines Schreibtisches mit Schubladen zu beiden Seiten, in welchen Zubehör zum Drehstuhl, sowie auch andere feine Uhrmacherwerkzeuge untergebracht sind. Zu diesen gehören namentlich feine Bohrer, Reibahlen, Feilen, Schraubenzieher, Drahtzangen, Stielkläbchen (Fig. 1954), Nadelzangen (Fig. 1955), Pinzetten (Kornzangen) u. s. w.[1]).

Über die Ausführung der Arbeiten ist wenig zu sagen, da sie sich von den Arbeiten an Werkbank und Drehbank nur durch die Kleinheit der bearbeiteten Objekte unterscheiden, welche häufig sogar die Benutzung einer mit Fassung zum Einklemmen in das Auge versehenen Lupe [eventuell einer stereoskopischen[2])] nötig machen. (Doppellupen mit Kopfbügel liefert H. Westien, Hofmechaniker in Rostock.)

Eine besonders häufige Arbeit ist das Putzen und Reparieren von Uhrwerken.

Vor dem Auseinandernehmen eines Uhrwerkes muß natürlich die Feder entspannt werden, da sonst die Räder, sobald die eine Platte, welche ihnen Halt gibt, entfernt wird, auseinanderfliegen. Ist ein Radzapfen krumm geworden, so kann man ihn entweder einfach mit der Flachzange wieder gerade richten (sehr feine mit der Kornzange) oder in einem sogenannten Zapfenroulierstuhl, d. h. auf zwei Lagern, indem man mit einem polierten Stahl auf den verbogenen Zapfen drückt, während man gleichzeitig das Rad umdreht. Endlich kann man ihn in ein genau passend gebohrtes Loch in einer Platte einstecken und dann die Achse langsam so biegen, bis sie genau senkrecht zur Platte steht.

Vor dem Wiederzusammensetzen sieht man nach, ob die Zapfenlöcher wirklich rein sind, d. h. man dreht ein spitz zugeschnittenes Holzstäbchen (Putzholz) darin um, gibt sodann an die Zapfen der Räder etwas feines Uhröl[3]), setzt diese erst in die eine Platte in der richtigen Stellung ein, legt dann die andere Platte auf und sucht nun mittels eines Holzstäbchens oder einer feinen Pinzette die einzelnen Achsen unter ihre entsprechenden Zapfenlöcher zu bringen. Bei einem leichten Druck auf die aufliegende Platte und wiegender Bewegung derselben bemerkt man leicht,

[1]) Zu beziehen von R. Haas in Karlsruhe, Schützenstraße 16; Lorch, Schmidt u. Co., Uhrmacherwerkzeugfabrik, Frankfurt-Bockenheim, Königstr. 27; Theod. Kreßler, Uhrenfournitur- und Werkzeughandlung, Berlin C., Rosentalerstr. 58; Joh. Gust. Blümchen jr., Uhrenfournriturenhandlung, Berlin C., Alexanderstr. 40; Müller u. Kern, Werkzeug- und Uhrenfourniturenhandlung, Breslau, Schweidnitzerstr. 37; Fol u. Miche, Uhrmacherfourniturenhandlung, Genf, Gutenberg 3; O. Buhtz, Werkzeuge und Fournituren, Berlin C., Grünstr. 22. — [2]) Zu beziehen von St. Scheidig u. Sohn, Fürth. — [3]) Bezugsquellen sind: Scheibe u. Co., Fabr. f. feinstes Chronometeröl, Gera; Hermann Koch, Uhrenölfabrik, Hildesheim; Dr. August Behrens u. Co., Hemelinger Chemische Industrie in Hemelingen; Möbius u. Sohn, Knochenölfabrik, Hannover; Cuppers u. Stalling, Knochenölfabrik, Dresden u. A.

auf welchem Zapfen dieselbe aufsteht. Man schiebt diesen in sein Loch, worauf dann die Platte auf einem anderen aufsteht. Nun bringt man auch diesen in richtige Stellung u. s. w.

b) Längenteilungen. Zur Ausführung feinerer Arbeiten, wozu namentlich die Herstellung von Teilungen gehört, muß man ein besonderes Zimmer, mindestens aber einen besonderen Tisch zur Verfügung haben.

Die einfachste Methode der Längenteilung ist das Kopieren eines Maßstabes[1]) mittels des Stangenzirkels[2]).

Man verfertigt aus einem 6 bis 10 dcm langen Stabe eine Art von Stangenzirkel mit zwei Nadeln, befestigt die geteilte Skala und den zu teilenden Stab in solcher Entfernung in gerader Linie auf einem Tische, als die Länge des improvisierten Stangenzirkels erfordert, setzt die eine Spitze desselben nach und nach in die Teilstriche der Skala, hält sie dort mit der einen Hand und reißt mit der anderen Hand und der anderen Nadel die Teilstriche ein. Die Zahlen werden mittels eines Grabstichels (Fig. 1957) eingraviert oder durch Zahlenpunzen eingeschlagen. Um die Striche von gleicher Länge zu erhalten, verdeckt man die nicht zu ritzenden Stellen des Stabes durch zwei angeklemmte Lineale, von welchen das eine mit Ausschnitten, entsprechend den Fünfer- und Zehnerstrichen, versehen ist.

Fig. 1957.

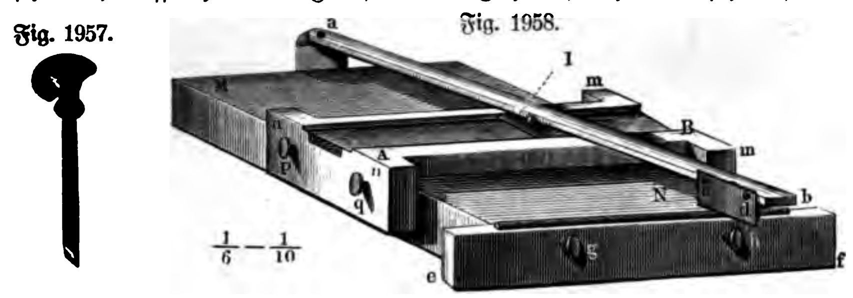


Fig. 1958.

Soll nicht einfach ein gegebener Maßstab kopiert, sondern eine gegebene Länge in eine bestimmte Anzahl gleicher Teile geteilt werden, so kann man hierzu ein auf Pauspapier, Celluloid, Gelatinefolie oder dergleichen hergestelltes System gerader Linien benutzen, welche durch einen Punkt und äquidistante (mittels des Zirkels bestimmte) Punkte einer Geraden hindurchgehen. (Fig. 1964 a, S. 600.)

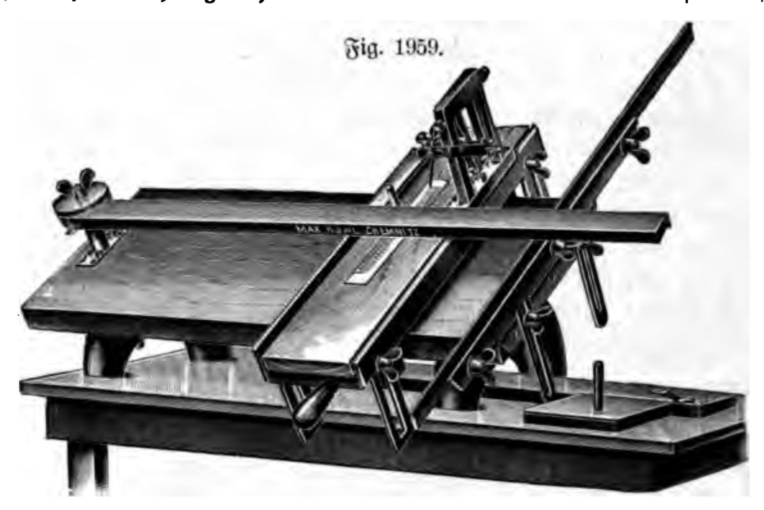
Bequemer ist die auf gleichem Prinzip beruhende, in Fig. 1958 [in vollkommener Ausführung in Fig. 1959 (K, 120) und 1960] dargestellte, einfache Teilmaschine.

Auf einer soliden, aus altem Holze gefertigten starken Platte *MN*, Fig. 1958, dreht sich um den Zapfen *a* die hölzerne Schiene *ab*, welche an ihrem Ende *b* einerseits mit einer stählernen Lamelle *cd* versehen ist, die senkrecht zu *MN* steht. Auf der dem Zapfen *a* gegenüberliegenden Seite ist die Leiste *ef* befestigt; sie hat einen Schlitz, in welchem mittels zweier Schrauben *g*, *h* eine eiserne oder messingene Schiene befestigt werden kann. Solcher Schienen hat man mehrere, sie tragen alle auf ihrer langen Kante irgend eine der gebräuchlichen Teilungen, z. B. für Aräometer[3]).

[1]) Maßstäbe liefern: Osk. Schubert u. Co., Berliner Maßstabfabrik, Berlin N., Ackerstr. 133; C. Bube, Mechan. Werkstätte, Hannover, Seilerstr. 6; G. Kesel, Feinmechaniker, Kempten (Allgäu), Gerberstr.; Cl. Riefler, Fabrik mathem. Instrumente, München, Karlspl. 4. — [2]) Siehe auch Bunsen, Gasometrische Methoden, S. 28. — [3]) Ist keine passende Teilung vorhanden, so trägt man mittels des Zirkels auf dieser Schiene Teile auf, die etwas größer sind, als die herzustellenden Teile auf dem Maßstabe.

Auf der Platte MN und unter der Schiene ab kann das Liniierbrettchen AB verschoben werden; es wird durch die beiden Führungsleisten mm, nn stets parallel zu ef gehalten und läßt sich an einer beliebigen Stelle durch die beiden Schrauben p, q feststellen. In dieses Brettchen ist das breite, aber kurze eiserne Lineal l eingelassen und läßt sich in einer Nute mittels der Schiene ab und eines auf l angenieteten Zäpfchens verschieben; es muß leicht gehen, aber doch sicher in seiner zu ef senkrechten Richtung erhalten werden. Unter dem Lineale befindet sich eine

Fig. 1959.



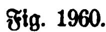
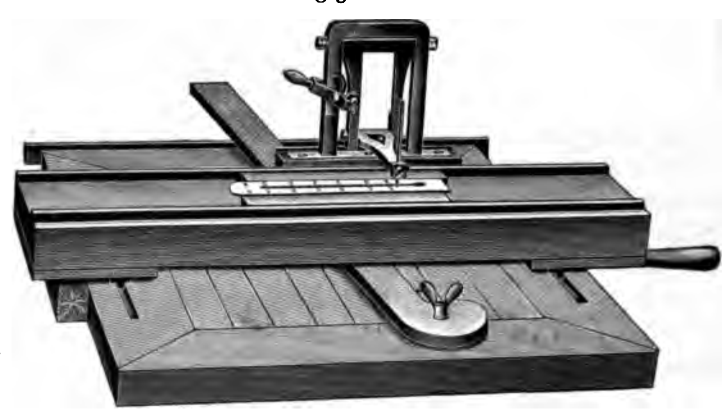


Fig. 1960.



Vertiefung in AB, in welche die zu teilende Skala gelegt wird; diese Vertiefung ist in der Figur durch ein gut passendes Brettchen ausgefüllt, da hier nur von Papierskalen die Rede ist. Auf dem Lineale kann noch eine Vorrichtung angebracht werden, um die Teilstriche durch ein mechanisch geführtes Instrument aufzuzeichnen oder einzureißen, wenn die Arbeit sehr genau und schnell gehen soll.

Für den Fall der Herstellung gleicher Teile würde es genauer und bequemer sein, die geteilte Schiene in der Leiste ef durch eine Schraube von passender Ganghöhe zu ersetzen, welche bei der Drehung eine der Lamelle cd anliegende Mutter fortschiebt und deren Kurbel nicht fest mit der Achse in Verbindung steht, sondern mittels eines Sperrades, so daß nur beim Vorwärtsdrehen die Schraube mit-

genommen wird. Indem man nun durch zwei Anschläge dafür sorgt, daß beim Hin- und Herbewegen der Kurbel die Schraubenmutter um die gewünschte Strecke fortbewegt wird, fällt die Unsicherheit der Einstellung der Lamelle *cd* auf die Teilung fort, man braucht nur zu beachten, daß die Kurbel wirklich stets bis zu den Anschlägen bewegt wird.

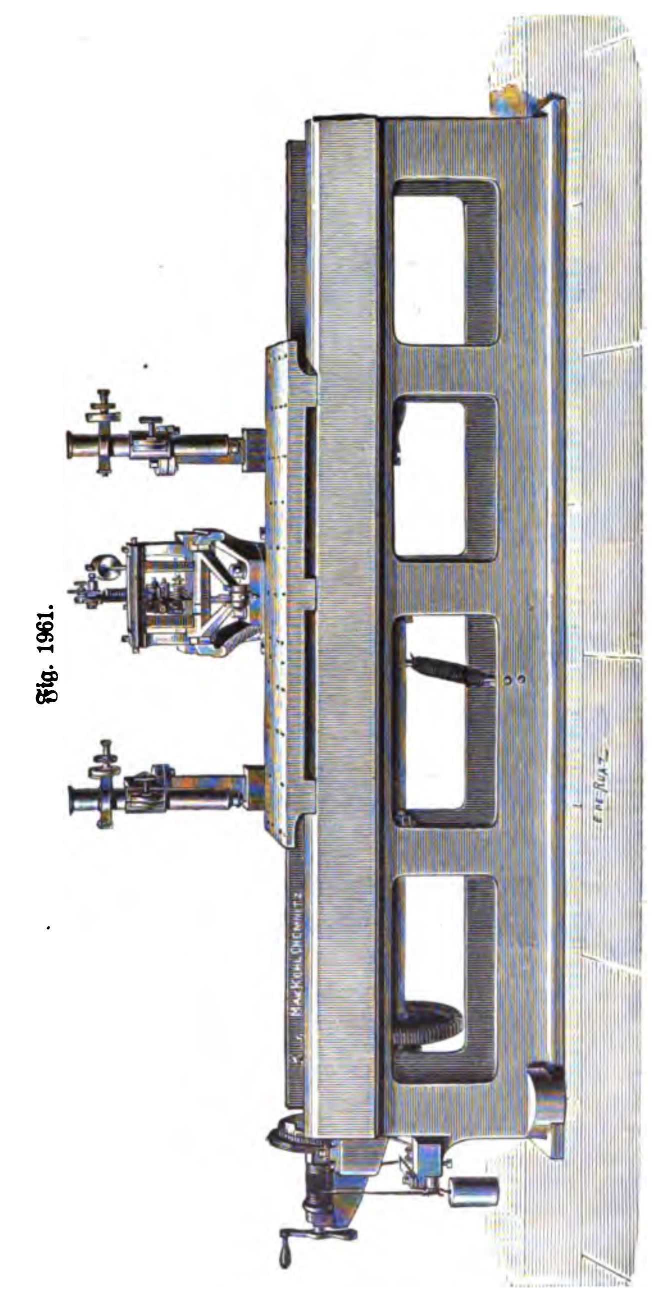


Fig. 1961.

Einfacher benutzt man ein System **paralleler äquidistanter Linien** auf einer dünnen durchsichtigen Platte. Man zeichnet die gegebene Länge auf Papier, deckt das Liniensystem darüber und dreht es so lange, bis gerade die gewünschte Zahl von Linien auf die Länge kommt und kopiert nun die Kreuzungspunkte mittels des Stangenzirkels wie oben, wobei man zweckmäßig die einzusetzende Spitze an einem auf dem Liniensystem befestigten Lineal entlang führt. (Fig. 1964 b.)

Das **System paralleler Linien** könnte man sich im Prinzip auf der Drehbank herstellen. Das durchsichtige Blatt wäre auf einer zentrisch laufenden Trommel zu befestigen, der Schreibstift oder Stichel auf dem Support und die Supportschlittenschraube müßte jeweils einhalb-, ein- oder mehreremal umgedreht werden, nachdem man eine Linie eingezeichnet hat. Man könnte auch auf dem Support eine das Papier tragende Tafel befestigen und zwischen den Spitzen der Drehbank den einen Schenkel eines Winkels, dessen anderer Schenkel als Lineal auf dem Papier aufliegt. Die Supportschrauben sind indes nicht genau genug, man gebraucht deshalb die Schrauben-

Fig. 1962.

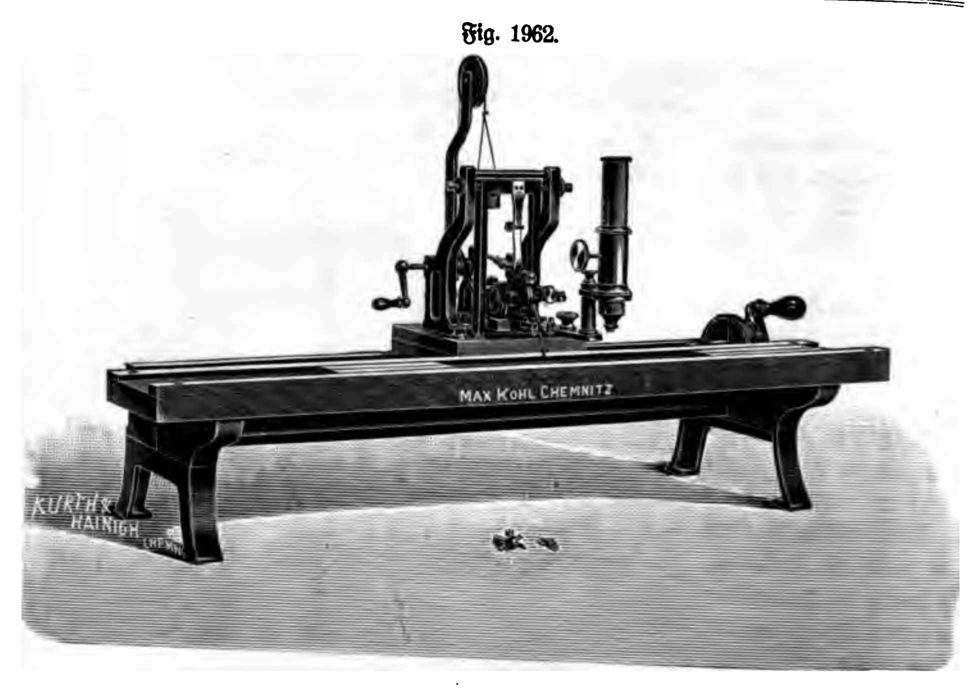


Fig. 1963.

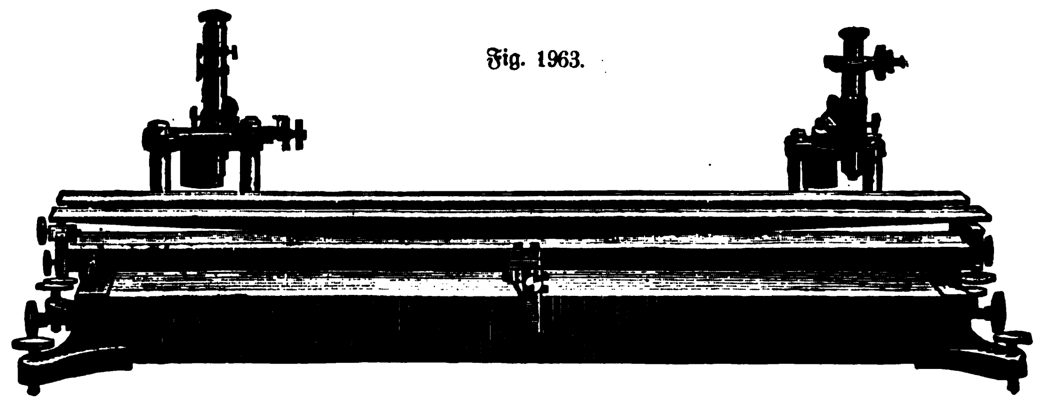
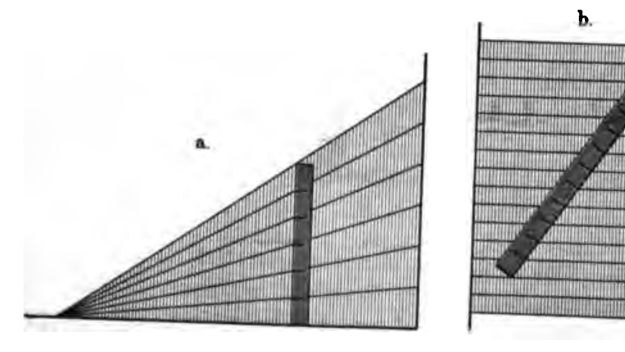


Fig. 1964.



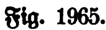


Fig. 1965.



Fig. 1966.

teilmaschine, welche nach gleichem Prinzip wirkt, Fig. 1965, 1966, 1961 (K, 2800), 1962 (K, 400) und 1967 [1]). Fig. 1963 (Lb, 1000) stellt einen Komparator dar.

---

[1]) Letztere ist zu beziehen von der Société genevoise pour la construction d'instrument de physique, Genf, Plainpalais, Chemin Gourgas 5. Die Ganghöhe der Schraube beträgt 1 mm und das Rad zur Umdrehung ist in 200 Teile geteilt, gestattet also exakte Verschiebungen des Schlittens um $^1/_{200}$ mm. Die Länge der ganzen Maschine beträgt 85 cm, die Länge der ohne Absetzen möglichen Teilung 350 mm. Das Prinzip ist sehr einfach. Durch eine sehr exakt gearbeitete Schraube wird ein Schlitten verschoben, auf welchem der einzuteilende Stab befestigt ist. An einer feststehenden Säule befindet sich ein Reißerwerk, welches gestattet, den gravierenden Stichel senkrecht zur Verschiebungsrichtung des Schlittens über den Gegenstand hinzuschieben und so die Teilstriche einzuritzen. Sind größere Teilungen auszuführen, so wird nach Vollendung eines solchen Stückes der Gegenstand neu aufgespannt, mittels Mikroskop der Stichel genau auf den letzten Teilstrich eingestellt und dann die Arbeit fortgesetzt. (Preis des Apparates ohne Mikroskop 600 Francs, Mikroskop 120 Francs.) August Becker (Dr. Meyersteins Nachfolger) in Göttingen liefert einfache Teilmaschinen zu 180 bis 500 Mk., vollkommene zu 900 bis 1500 Mk., kleine für Mikrometer zu 150 Mk. Andere Bezugsquellen sind: Bamberg, Carl, Werkstätte für Präzisionsmechanik und Optik, Friedenau-Berlin, Kaiserallee 39—41; C. Dieberichs, Werkstätte für wissenschaftliche Instrumente, Göttingen, Walkenmühlenweg 12; G. Kesel, Feinmechaniker, Kempten (Allgäu), Gerberstraße; Sommer u. Runge, Werkstätte f. wissenschaftliche Instrumente, Berlin, Wilhelmstr. 122; J. Wanschaff, Werkstätte f. wissenschaftliche Instrumente, Berlin S., Elisabethufer 1; P. u. R. Wittstock, Werkstätte für Mechanik und Optik, Berlin S., Planufer 92d. Diamantstichel für Mikrometer und grobe Teilungen liefern: Ernst Winter u. Sohn, Hamburg-Eimsbüttel. Über Herstellung von Teilstrichen mit Karborundumkristallen siehe Deutsche Mechanikerzeitung 1897, S. 73. Näheres über Längenteilmaschinen im allgemeinen findet man in „Le Génie industriel“ von Armengaud, Paris 1872; Dinglers Journal CCXIX, 110; Sillimanns Journal 19, 54, 1880.

Teilungen in Messing werden gewöhnlich eingeritzt und dann geschwärzt. Zum Schwärzen dient eine Salbe, bestehend aus Ruß, Wachs und Terpentinöl, welche zusammen geschmolzen und dann mit einem weichen Pinsel eingerieben werden, oder auch schwarzer Siegellack. Um den Überschuß an solchem wieder abzuschleifen, kann Bimsstein, Graustein oder Blaustein [1]) mit Wasser benutzt werden und zum Polieren Lindenkohle.

Fig. 1967.

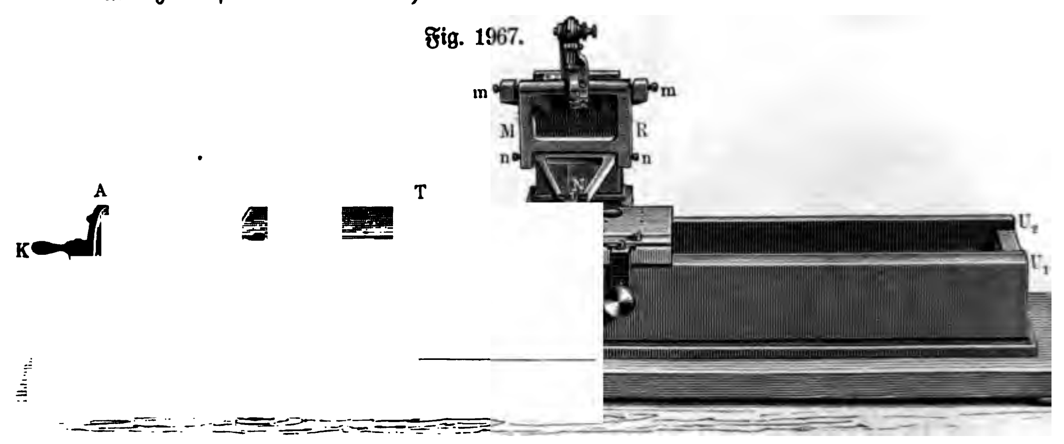


Fig. 1968.



Methoden der Versilberung wurden weiter oben (S. 549) besprochen.

c) Kreisteilungen. Auch Kreisteilungen kann man sich leicht nach einer gegebenen Teilung, z. B. der Teilscheibe auf der Drehbank, kopieren. Der zu teilende Kreis wird auf der Planscheibe befestigt, der Stichel oder das Lineal für denselben auf dem Support.

Eine einfache Kreisteilvorrichtung zur leichten Selbstherstellung von Gradeinteilungen zeigt Fig. 1968 [2]), vollkommene Maschinen Fig. 1969 [3]), 1972 (Lb, 700), 1970 (K, 2000) und 1971 (Lb, 2000). Über eine automatische Kreisteilmaschine von Fauth u. Co. in Washington, siehe Zeitschr. f. Instrumentenkunde **14**, 84, 1894.

d) Montieren von Galvanometern. Zum Aufhängen schwerer Galvanometernadeln werden feinste Drähte von Messing, Silber, Platin oder anderen Metallen gebraucht [4]).

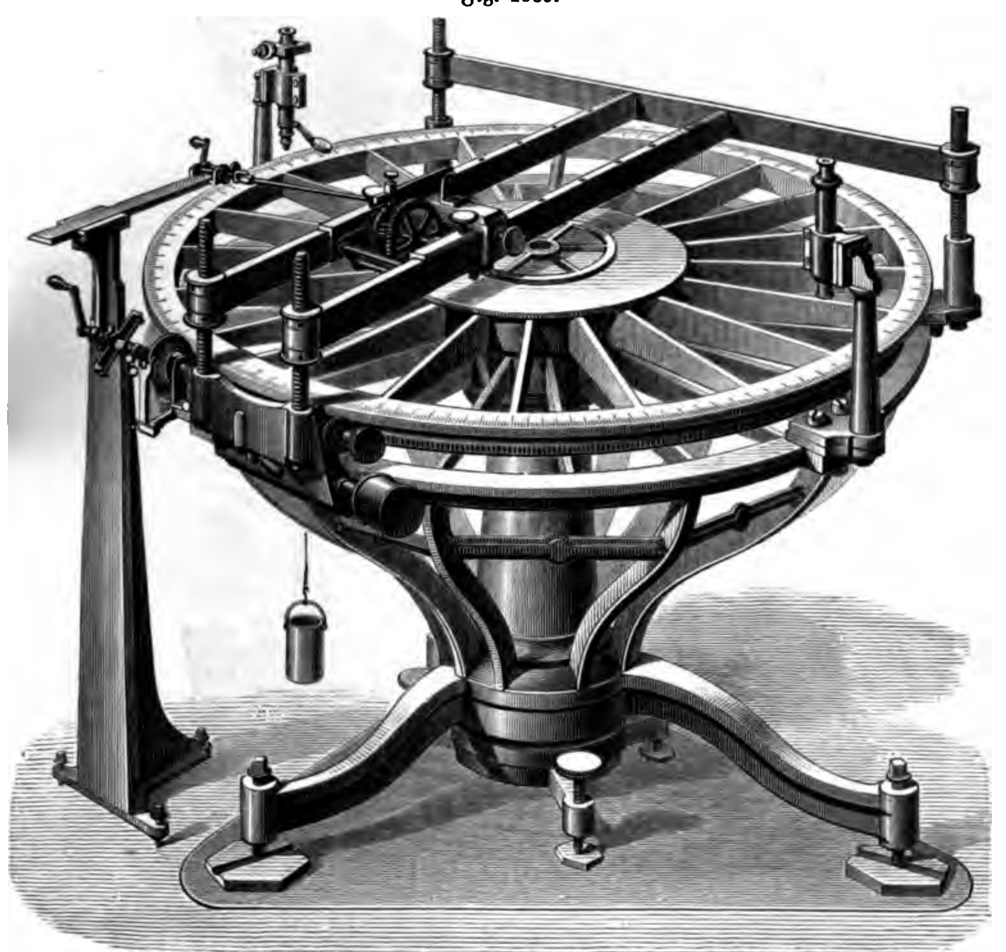
---

[1]) Zu beziehen von G. Bauer, München. — [2]) Zu beziehen von Leppin u. Masche, Berlin SO., Engelufer 17, zu 10,50 Mk. — [3]) Zu beziehen von G. Secretan, Succ. de Lerebours et Secretan, Instruments de precision, 13. Place Pont Neuf, Paris. Andere Bezugsquellen sind: C. Bamberg, Werkstätte für Präzisionsmechanik, Friedenau-Berlin, Kaiserallee 39—41; G. Heyde, Math.-mechan. Institut, Dresden, Ammonstr. 32; G. Kesel, Feinmechaniker, Kempten, Gerberstraße; G. Meißner, Mechan.-optische Präzisionsmechanik, Berlin NW., Perlebergerstraße 26; Th. Wegener, Wissenschaftl. Präzisionsinstrumente, Berlin N., Lothringerstr. 8; P. u. R. Wittstock, Werkstätte für Präzisionsmechanik und Optik, Berlin S., Planufer 92; M. Wolz, Werkstätte für wissenschaftl. Präzisionsinstrumente, Bonn, Beethovenstr. 32. Eine Zahlenschlagmaschine für Teilkreise liefert W. Siegel in Kassel. — [4]) Solche sind z. B. zu beziehen von der Deutschen Gold- und Silberscheideanstalt in Frankfurt a. M.; W. C. Heräus

Für sehr feine Nadeln dienen Kokon- und Quarzfäden [1]).

Wollte man sich selbst Kokonfäden abspulen, so hätte man den Kokon vorerst zehn Minuten lang in heißem Wasser einzuweichen und sodann zunächst durch Drehen in der Hand die lose oberflächliche Seide zu entfernen. Alsdann wäre

Fig. 1969.



von dem wieder auf heißem Wasser schwimmenden Kokon der Faden auf ein kleines Röllchen aufzuspulen und zwar so, daß er genügend weit durch die Luft geht,

in Hanau u. a. Konstantan- sowie versilberter Nickeldraht von 0,03 mm, Gold- und Silberdraht von 0,02 mm an ist zu haben bei Julius Boelmy, Berlin SO., Kottbuserstraße 14. Haardrähte (von 0,02 bis 0,05 mm Durchmesser) liefern Hartmann und Braun A.-G., Frankfurt a. M., aus folgenden Metallen: Ag, Cu, Au, Ni, Fe, Pt, Messing, Phosphorbronze, Stahl, Manganin, Konstantan, Kulmitz 000, Kruppin; ferner Wismutdraht von 0,17 bis 1,00 mm Durchmesser. Über die Herstellung Wollaston-scher Drähte, siehe Gilb. Ann. 52, 284 und 58, 435. Dünnerziehen von sämtlichen Metallen bis 0,025 mm übernimmt Fritz Houy, Hanau a. M.

[1]) Zu beziehen von Keiser u. Schmidt, Fabrik physik. u. elektr. Apparate, Berlin N., Johannisstr. 20 und Hartmann u. Braun in Bockenheim bei Frankfurt a. M. Über das Schmelzen des Quarzes im elektrischen Ofen siehe Hutton, Beibl. 26, 826, 1902.

Fig. 1970.

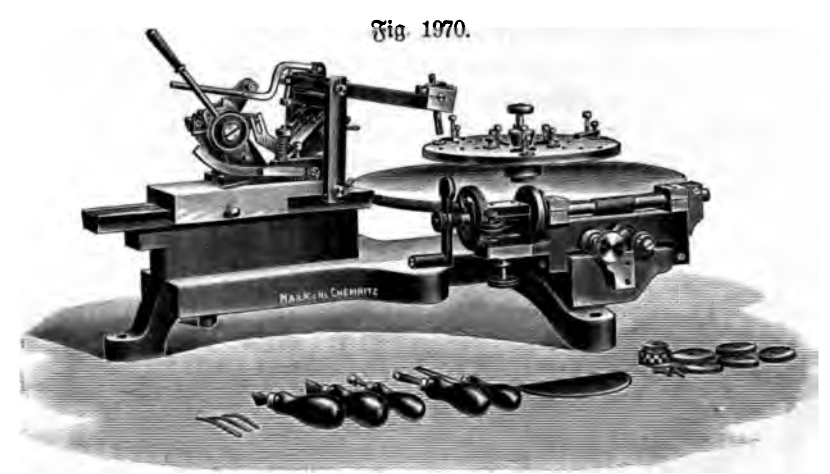
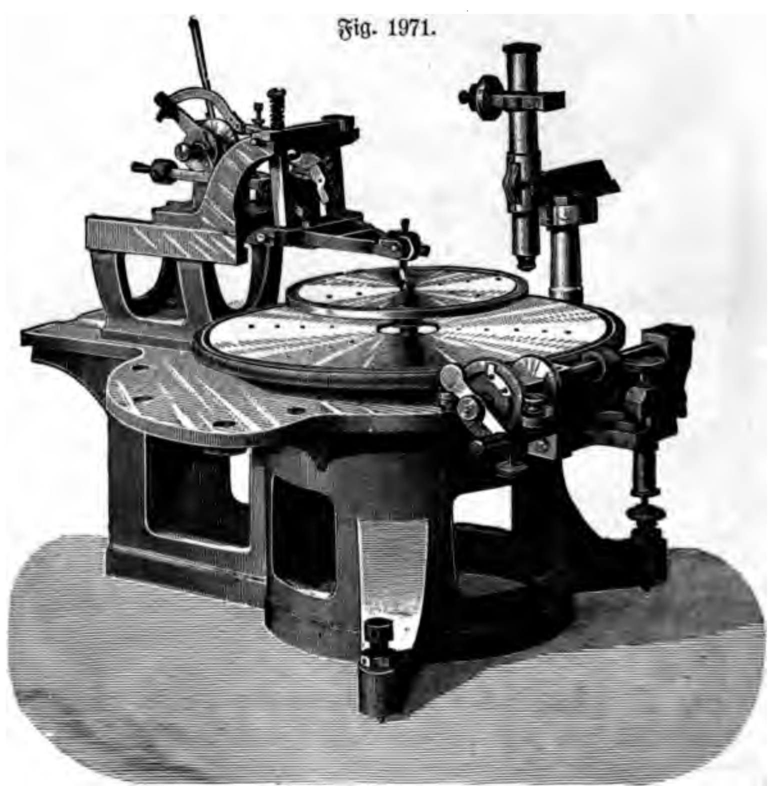


Fig. 1971.



um vollkommen trocken aufzulaufen. Die feinsten Kokonfäden finden sich im inneren Teil des Kokons und werden auf besondere Rollen aufgewickelt.

Bündel von Kokonfäden werden erhalten, indem man einen einfachen Kokonfaden um zwei in paralleler Stellung befestigte Glasstäbe windet, dann abnimmt und die Enden verknotet. Schlingen zur Befestigung der Fäden zeigen (nach F. Kohlrausch) die Fig. 1973 1 und 2 [1]).

[1]) Über Vorsichtsmaßregeln beim Gebrauch der Kokonfäden zu Torsionsfäden siehe Crémieu, Beibl. 27, 398, 1903.

Zweckmäßig bedient man sich beim Anknüpfen der Fäden einer *Uhrmacherlupe* oder einer *Brille* mit konvexen Gläsern.

Die Herstellung von *Quarzfäden* erfordert die Anwendung eines Knallgasbrenners. Man stellt durch Ausziehen aus einem Kristallsplitter zunächst ein Stäbchen her, befestigt das eine Ende durch Einklemmen in dem hölzernen Pfeil einer kleinen im Schraubstock eingespannten Armbrust, erhitzt sodann die Mitte des Stäbchens zum Erweichen und schießt die Armbrust ab, während man das andere Ende des Stäbchens festhält.

Über die *Befestigung von Quarzfäden*, welche große Gewichte zu tragen haben, gibt C. V. *Boys* (nach Z. 8, 173, 1895) folgende Vorschrift. Man wähle einen Faden von dem richtigen Durchmesser, welcher die gewünschte Torsion liefert (da die Torsionskonstante der vierten Potenz des Durchmessers proportional ist, so ist eine sehr genaue Messung erforderlich), schneide ein Stück ab, welches die gewünschte Länge um 2 bis 3 cm übertrifft, und befestige an den äußersten Enden

Fig. 1972.

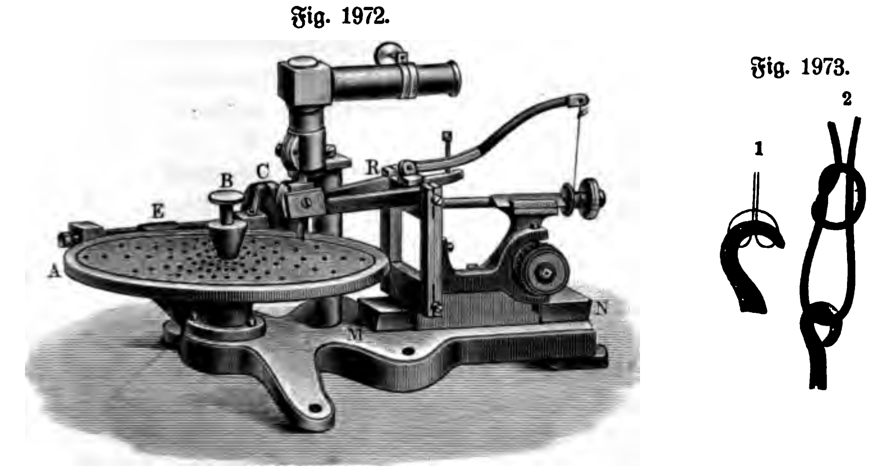


Fig. 1973.

des Fadens mit geschmolzenem Schellack kleine Gewichte aus Gold oder Platin, welche so schwer sind, daß sie die Oberfläche von Flüssigkeiten zu durchbrechen vermögen. Nun lege man den Faden so über einen festen, runden und wagerechten Holzstab von ungefähr 1 cm Durchmesser, daß die kleinen Gewichte nebeneinander hängen, und hebe von unten her ein kleines Glas mit starker Salpetersäure so weit in die Höhe, daß der Faden hinreichend weit über die schließliche Befestigungsstelle hinaus angefeuchtet und gereinigt wird. Das Gefäß muß so weit sein, damit störende Kapillaritätserscheinungen nicht eintreten können und muß sowohl auf- wie abwärts über die Stelle, wo die Gewichte durch die Oberfläche hindurchgehen, aus gleichem Grunde rasch, geradezu mit einem Ruck, bewegt werden. Nach einer oder zwei Minuten verfahre man ebenso mit einem Gefäße destilliertem Wasser, tauche aber den Faden ein klein wenig tiefer ein. Ist hierdurch die Säure vollständig abgewaschen, so tauche man die Fadenenden auf dieselbe Weise in eine Seignettesalzversilberungslösung, wasche abermals und tauche nun das äußerste Ende von dem positiven Draht eines Elementes in eine (nicht ganz gesättigte und etwas angesäuerte) Kupfervitriollösung. Mit dem reinen glatten negativen Draht nehme man eines der herabhängenden Fadenenden auf, bringe es, nachdem der Kontakt außerhalb des Glases dadurch hergestellt ist, daß der obere Teil des Silber-

überzuges auf dem Drahte ruht, in die Lösung hinein und tauche es, während der Faden in sanfter Bewegung auf dem Drahte gleitet, bald mehr, bald weniger in die Flüssigkeit ein. In wenigen Sekunden wird das kleine Gewicht und der eingetauchte Teil des Silberüberzuges deutlich rot sein. Sodann verfahre man mit dem anderen Fadenende ebenso, gebe dem Faden die gewünschte Länge (an jedem Ende 5 mm für die Verbindung hinzugerechnet), mache aus Kupferfolie 3 bis 4 cm lange und 3 bis 4 mm breite spitz zulaufende Streifen, verzinne das zugespitzte Ende mit einer winzigen Menge Lot, befeuchte es mit Zinkchloridlösung, lege auf die befeuchtete Stelle sorgfältig in die richtige Lage das verkupferte Ende des Fadens und erhitze nun das Kupfer rasch bis zum Schmelzpunkte des Zinns durch eine kleine Flamme, welche unter eine Stelle gebracht wird, die ungefähr 1 cm von dem dünnsten Ende entfernt ist. Nachdem so die Verbindung zwischen Faden und Kupferstreifchen hergestellt ist, schneide man von dem letzteren die gewünschte Länge ab, halte aber dabei mit einer Zange das Streifchen selbst und nicht den fortzuschneidenden Teil fest, wasche, um das Zinkchlorid zu entfernen, mit kochendem Wasser, tauche, um das überschüssige Silber und Kupfer zu entfernen, zunächst jedes Streifchen bis zur Spitze in Bienenwachs, sodann die Fadenenden bis zu den oberen Rändern des Kupfers und Silbers in starke Salpetersäure und wasche schließlich mit kochendem Wasser die Säure und das Bienenwachs ab.

Die so behandelten Fäden werden mit den kleinen Kupferblechstreifchen, die 5 mm lang, 1 mm breit und zugespitzt sind, mit geschmolzenem Schellack an dem Torsionsknopf, der Aufhängung usw. befestigt. Man kann den Streifchen auch eine T-Form geben, um sie ohne Kitt in Streifchen von V-Form einzuhängen. Dieses bietet den Vorteil, daß man Aufhängungen und Fäden bequem auswechseln kann.

Um die Erschütterungen möglichst ohne Einfluß zu machen, muß der Aufhängepunkt des aufgehängten Systems in der Hauptträgheitsachse liegen, d. h. das System muß völlige Trägheitssymmetrie um die Verlängerung des Suspensionsfadens zeigen, ferner müssen flache Gebilde in zwei senkrechten Ebenen ungefähr in gleicher Flächenausdehnung vorhanden sein. Der Stab an dem Torsionsknopf wird bis zur Achse eingefeilt, damit der Faden in die Achse kommt.

Als Hintergrund beim Arbeiten mit den feinen schwer sichtbaren Fäden empfiehlt Boys die Dunkelheit einer kaum herausgezogenen Schublade eines Tisches, der vor einem hellen Fenster steht, und für gewisse Verrichtungen einen auf dem Tische liegenden Spiegel. Die darauf ruhenden Fäden werden stark glänzend sichtbar, vorausgesetzt, daß der Beobachter so steht, daß das vom Spiegel zurückgeworfene Himmelslicht sein Auge nicht trifft. Man kann auch die Fäden, ohne ihre Torsion zu beeinflussen, sichtbar machen, indem man sie mit brennendem Magnesium beraucht [1]).

Für hochempfindliche Galvanometer müssen die Magnetnadeln sehr leicht sein. Paschen (1893) verwendete dazu Spiralfedern, wie sie in einer Taschenuhr die Unruhe bewegen. Sie wurden über dem Cylinder einer Lampe gestreckt mit dünnem Kupferblech umgeben, geglüht und gehärtet und abwechselnd an einem starken Magneten magnetisiert und längere Zeit bei 100° angelassen. Die kleinen

[1]) Edelmann in München liefert einen Hilfsapparat zum bequemen Einknüpfen von Kokonfäden, Ankitten von Quarzfäden, Einlöten von Drähten und Metallbändern, bestehend aus einer Holzschiene mit zwei Universalklemmen zum Preise von 35 Mk. (Zentralblatt f. Elektrotechnik 1887, S. 181.)

Magnetchen (0,01 bis 0,02 mm dick, 0,1 bis 0,3 mm breit und 1 bis 1,5 mm lang) wurden mit Schellack auf einem möglichst dünnen Glasfaden befestigt, welcher genügend steif war, um sich unter dem Einfluß der Magnete weder zu verbiegen, noch zu drillen und zwar je 13 zu beiden Seiten in Abständen von 0,03 mm; die Spiegel[1]) müssen natürlich ebenfalls möglichst klein sein (nach Paschen ist der Durchmesser nur 2 bis 4 mm groß). Sie wurden aus mikroskopischem Deckglas von 0,05 bis 0,03 mm Dicke ausgesucht, sehr dünn versilbert und lackiert. In 3 m Skalenentfernung gaben sie ein Bild, welches Zehntelmillimeter zu schätzen gestattete. Zum Ankitten diente eine Spur Wachs. Zur Aufhängung wurde ein 5 cm langer Quarzfaden von so geringer Dicke benutzt, daß man den Fadenhalter um 360° drehen konnte, ohne daß sich die Einstellung des Systems änderte. Das gesamte System wog 5 mg, der Spiegel allein weniger als 1 mg. Falls sich das Magnetsystem nicht sofort ostwestlich einstellte, d. h. nicht genügend astatisch war, konnte man dies leicht dadurch erreichen, daß dem schwächeren Komplex unter Zwischenschaltung einer Glasscheibe wiederholt ein Magnet genähert wurde. Die Drahtrollen waren nach dem günstigsten Achsenschnitt konstruiert, ohne Rahmen gewickelt und hatten 40 mm äußeren und 5 mm inneren Durchmesser, der Widerstand war 60 Ohm. Bei 3 m Skalendistanz entstand 1 mm Ausschlag für den Strom $2{,}3 \cdot 10^{-11}$ Amp. Durch Verwendung anderer Rollen ließe sich das Instrument noch etwa 100 mal empfindlicher gestalten[2]).

Nach Mendenhall und Waidner[3]) ist Paschens Annahme, daß die Magnetnadeln am besten möglichst kurz gemacht werden, nicht ganz zutreffend; man kommt vielmehr bei fortgesetzter Verkürzung der Nadeln zu einem Punkt maximaler Empfindlichkeit. Dagegen ist es richtig, daß man vorteilhafter mehrere dünne Nadeln nimmt als eine dickere, deren Querschnitt gleich der Summe der Querschnitte der dünnen Nadeln ist, obschon sich viele, dicht nebeneinander angeordnete Nadeln gegenseitig schwächen. Ferner ergab sich, daß die kleinen Magnete schon durch verhältnismäßig schwache Felder (1000 cgs-Einheiten) bis zur Sättigung magnetisiert werden. Bei dem Galvanometer der Genannten bestand das Magnetsystem jeder der beiden Gruppen aus je drei Nadeln von 1,15 mm Länge. Das gesamte bewegliche System wog 1 mg. Die vier Spulen hatten 15 mm äußeren und 2 mm inneren Durchmesser und bei Parallelschaltung 3 Ohm Widerstand. Die Schwingungsdauer betrug 9 Sekunden, der Skalenabstand 2 m. Ein Skalenteilausschlag wurde durch $5{,}6 \cdot 10^{-11}$ Amp. hervorgebracht.

e) Montieren von Elektrometern. Blattgold oder Blattaluminium, aus welchem dünne Streifen für ein Elektroskop geschnitten werden sollen, wird vorsichtig auf ein mit etwas Polierrot eingeriebenes Lederkissen ausgebreitet und dann mittels eines flachen scharfen Messers durchgeschnitten. Das Messer wird dabei nicht wie beim Schneiden von Pappe und Papier geneigt oder fast senkrecht gehalten, sondern horizontal, d. h. so, daß die (geradlinige) Schneide dem Lederkissen parallel gerichtet ist, also an allen Punkten gleichzeitig angreift.

Das Ankleben an den Stab erfolgt, indem man die beiden Fazetten mit

[1]) Versilberte Planspiegel für Galvanometer von minimalen Dimensionen liefert H. Haecke, Mechaniker, Berlin SO. Hohlspiegel von 14 mm Durchmesser, 1 bis 2 m Brennweite Rich. Magen, Optiker, Berlin NW. 40, Scharnhorststr. 34 a. — [2]) Siehe auch H. du Bois und H. Rubens, Drudes Ann. 2, 88, 1900 und F. Paschen, Wied. Ann. 50, 416, 1893 und Zeitschr. f. Instr. 13, 13, 1893. — [3]) Zeitschr. f. Instr. 22, 197, 1902.

schwacher Gummilösung befeuchtet und sie dann an die auf dem Kissen liegenden Streifen andrückt. Zweckmäßiger ist die später (bei Elektrizität) zu besprechende Befestigungsweise von Kolbe.

Auch bei einem Quadrantenelektrometer muß der bewegliche Teil möglichst leicht sein. Dolezalek[1]) (1901) empfiehlt, die Nadel aus Silberpapier (Papier mit dünnem Zinnüberzug, nicht Stanniol) in der bekannten Maxwellschen Form (Fig. 1976) auszuschneiden. Eine einzige Nadel würde jedoch zu wenig stabil sein, er klebt deshalb zwei Nadeln an dem äußeren Rande aufeinander und läßt sie in der Mitte ein wenig voneinander abstehen, so daß das System im Durchschnitt die in Fig. 1976 wiedergegebene Form besitzt (vgl. auch Fig. 1977 bei N). Der Abstand der beiden Nadelhälften wird durch eine kleine Spirale aus dünnem Aluminiumdraht gesichert, welche auf die Nadelachse aufgeschoben ist. Das Gewicht der Nadel beträgt mit Ablesespiegel nur etwa 0,2 g. Die Doppelnadel besitzt außerdem den Vorteil einer sehr großen Luftreibung, so daß man jede weitere Dämpfungsvorrichtung entbehren kann. Zur Aufhängung dient ein Quarzfaden, der aber, um Zuleitung der Elektrizität von einer Batterie zu ermöglichen (nach Himstedt), versilbert werden muß. Die Versilberung geschieht nach Boys vor der Befestigung am Torsionsknopf, indem man den Faden in eine genügend lange Röhre mit der Versilberungsflüssigkeit einhängt und dann abwäscht.

Fig. 1974.

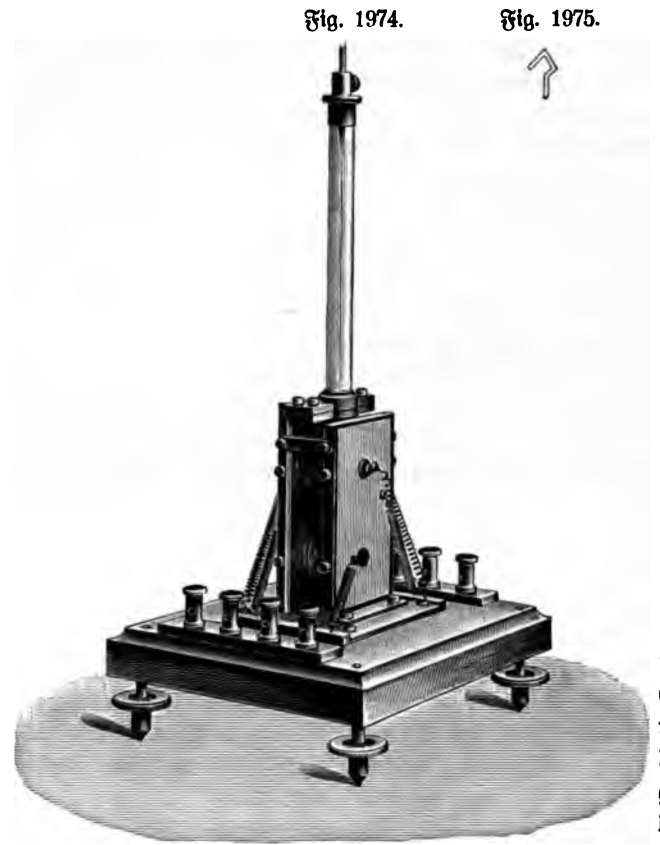


Fig. 1975.

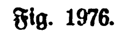


Fig. 1976.

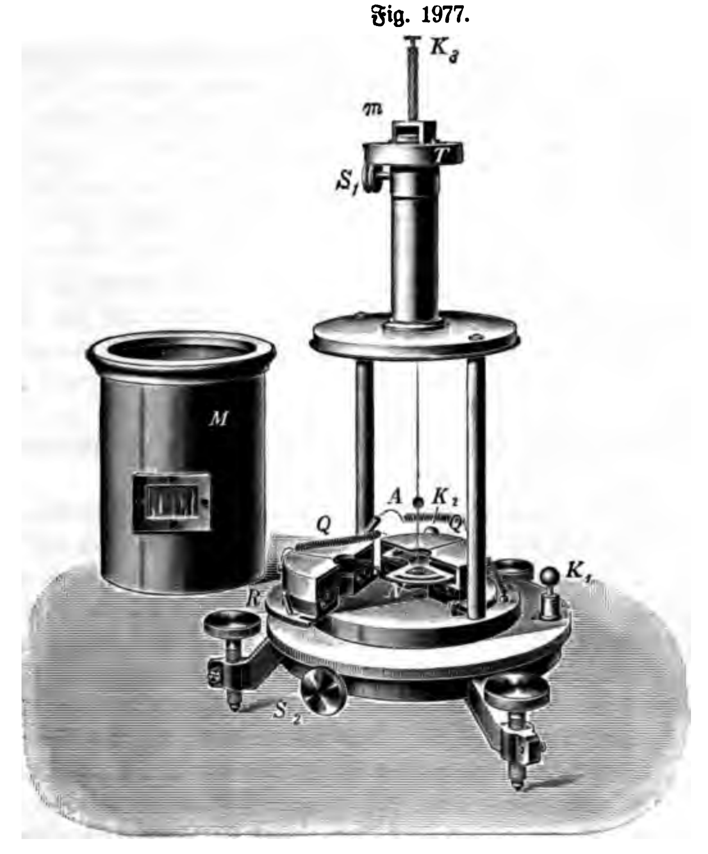
Dolezalek gibt folgende einfachere Anweisung zur Herrichtung des Quarzfadens. „Man überzieht zwei aus 0,5 mm starkem Aluminiumdraht eckig gebogene Stäbchen von nebenstehender Gestalt (Fig. 1975) an dem geraden Ende über einer Flamme mit Siegellack, legt dieselben auf einen Spiegel und bringt mit einer Nadel die Quarzfadenenden darauf. Durch Annäherung eines warmen Metall-

[1]) Dolezalek, Zeitschr. f. Instr. 21, 346, 1901.

stückes (Lötkolben) wird der Quarzfaden festgeschmolzen. Infolge der Brechung des vom Spiegel reflektierten Lichtes ist der Quarzfaden sehr gut sichtbar."

Nachdem der Faden auf diese Weise an beiden Enden mit Häkchen versehen ist, hängt man ihn mittels einer Pinzette in die Öse des Torsionsknopfes ein. Zum Leitendmachen taucht man zunächst den Faden zur Befreiung von Fett einige Minuten lang bis über die Siegellackkittungen in 10prozentige Kalilauge; gleichzeitig wird hierdurch die Oberfläche des Siegellacks für die Adhäsion der wässerigen Lösung geeignet gemacht. Die anhängende Kalilauge wird nun durch mehrmaliges Eintauchen in reines Wasser entfernt und schließlich der Quarzfaden mittels 10- bis

Fig. 1977.



20prozentiger Lösung von Chlorcalcium, Chlormagnesium, Phosphorsäure oder dergleichen leitend gemacht. Sehr feine Quarzfäden taucht man am besten nur mehrmals in Kalilauge ein, da diese infolge ihrer chemischen Einwirkung am besten auf der Quarzoberfläche haftet; das durch die Kohlensäure der Luft gebildete Kaliumkarbonat ist ausreichend hygroskopisch. Von dem Gelingen der Operation kann man sich leicht überzeugen, indem man den Quarzfaden an den Torsionsknopf des Elektrometers anhängt, letzteren (isoliert) in ein Stativ spannt und das untere Häkchen mit einem Goldblattelektroskop in Berührung bringt. Bei Berührung des Torsionsknopfes mit einer geriebenen Siegellackstange muß das Elektroskop sofort ausschlagen. Das ganze Instrument erhält hierdurch die in Fig. 1977 in einem Drittel der natürlichen Größe wiedergegebene, überaus einfache Form und ist in der Handhabung nicht schwieriger als ein Spiegelgalvanometer.

Bei Verwendung eines dünneren Quarzfadens von 0,004 mm Stärke läßt sich die Empfindlichkeit bis auf 17 mm Ausschlag pro Millivolt steigern, doch beträgt dann die Schwingungsdauer bereits etwa 60 Sekunden. Ein stärkerer Quarzfaden von 0,02 mm Durchmesser ergab unter den gleichen Bedingungen für 0,01 Volt 1,4 mm Ausschlag und 3,5 Sekunden Schwingungsdauer.

f) Montieren eines Bolometers[1]. Lummer und Kurlbaum geben folgende Anweisung: „Ein Platinblech wird mit einem etwa zehnmal so dicken Silberblech zusammengeschweißt und ausgewalzt. Da das Blech durch das Walzen eine große Sprödigkeit annimmt, so wird es von Zeit zu Zeit im Holzkohlenfeuer geglüht und durch schwache Säuren und Reiben von seiner Glühhaut befreit und von neuem gewalzt. Ist eine gewisse Stärke überschritten, so kann das Blech nur noch zwischen einem zusammengefalteten Kupferblech weiter ausgewalzt werden. Aus den ursprünglichen Dimensionen des Bleches und aus den Flächendimensionen, welche das Blech während des Walzens annimmt, ist in jedem Moment seine Dicke bekannt und kann beliebig reguliert werden. Für unsere Bolometer haben wir uns damit begnügt, der Platinschicht eine Dicke von etwas weniger als 0,001 mm zu geben, doch können noch wesentlich dünnere Bleche, z. B. von 0,003 mm Dicke, hergestellt und in bequemer Weise montiert werden[2]. Ein solches Platinsilberblech wird mit Kanadabalsam auf eine Glasplatte aufgeklebt; auf der Teilmaschine werden dann, wie in Fig. 1978 ersichtlich ist, 12 parallele Streifen aus dem Blech herausgeschnitten, welche 32 mm lang und 1 mm breit sind, während ihr Abstand 1,5 mm beträgt.

Ein so geteiltes Blech wird mit einer Auflösung von Kolophonium in Äther auf einem Schieferrahmen *cdki* (Fig. 1979) aufgeklebt.

Der Äther verdampft aus dem Kolophonium erst dann vollständig, wenn man mit einem heißen Draht auf das Blech drückt. Beide Enden (Fig. 1979 *a* und *b*) des Blechstreifens werden für die Stromzuleitung an Kupferbleche *a* und *a'* angelötet, welche die Enden des Schieferrahmens [illegible]. Die Kupferbleche sowohl wie diejenigen Stellen des Platinsilberbleches, welche auf dem Schieferrahmen aufliegen, [illegible] die Stellen *a* und *a*, schützt man [illegible] von [illegible]. Fig. 1980 zeigt einen Schieferrahmen von der [illegible] und die [illegible] der Balken, an welche [illegible] die Blechstreifen anlegen. Das Silber wird von der Säure abgeätzt, während der [illegible] nicht angegriffen wird. Aus der Säure [illegible] das Bolometer [illegible] herausnehmen, ohne daß es [illegible]. [illegible] man es dagegen in [illegible] von der Säure zu entfernen, so [illegible] es sehr leicht beim [illegible] [illegible] [illegible] an der Oberfläche des [illegible] [illegible] das [illegible]. [illegible] es [illegible] [illegible] [illegible] es [illegible] [illegible]. Um das [illegible] zu vermeiden, [illegible] man das [illegible] mit Hilfe eines sehr engen [illegible] an den [illegible] und in die [illegible]. [illegible] sehr schmale Streifen, [illegible] man [illegible] [illegible] [illegible] es [illegible] das [illegible] des Wassers überhaupt [illegible] über dem Bolometer [illegible] zu lassen, d. h. die [illegible] allmählich mit einem engen [illegible] durch Wasser zu ersetzen und [illegible]

[1] Über Bolometer siehe Lummer und Kurlbaum, Wied. Ann. 46, [illegible] [illegible], Wied. Ann. 48, 376 und 59, 425, [illegible]. — [2] [illegible] ist fertig zu beziehen von [illegible] in Berlin.

das Wasser durch Alkohol zu ersetzen und diesen durch einen Heber abfließen zu lassen.

Das Bolometer als fertigen Apparat zeigt Fig. 1982 in zwei Fünftel der natürlichen Größe.

Je zwei Schieferrahmen, wie dieselben aus den Fig. 1979 und 1980 bekannt sind, werden in den Hartgummistativen *h* und *h'* so vereinigt, daß sie sich den mit den Platinstreifen belegten Seiten zuwenden, während diese Seiten einen Abstand von 3 mm haben. Die Streifen des einen Schieferrahmens stehen hinter den Intervallen des anderen, und da die Streifen 1 mm, die Intervalle aber 1,5 mm

Fig. 1978.



Fig. 1979.

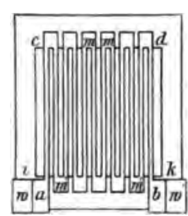


Fig. 1980.

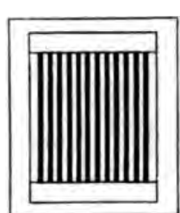


Fig. 1981.

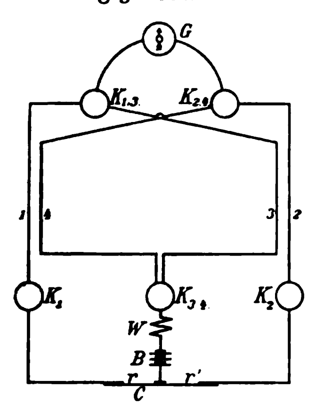
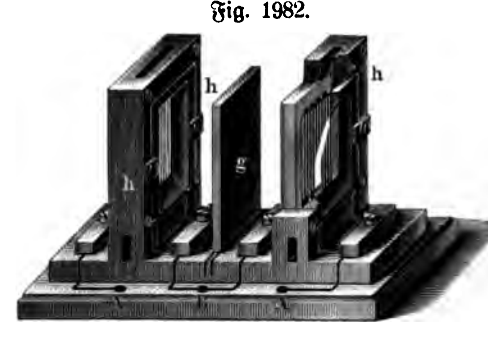


Fig. 1982.



breit sind, so verdeckt kein Streifen einen anderen. Die dazwischen befindliche Luft findet bei ihrer Erwärmung durch die Öffnungen *s* der Hartgummistative freien Zu- und Abzug.

Zwischen den Stativen *h* und *h'* ist eine geschwärzte Metallplatte *g* eingeschoben, diese Platte soll weder Strahlen reflektieren noch hindurchlassen. Über diesen Apparat wird ein Kasten gesetzt, in welchen die Grundplatte des Apparates schließend hineinpaßt. Zwei Seiten des Kastens sind mit Ausschnitten versehen, durch welche die Bestrahlung Zutritt erhält. An diesen Seiten werden Röhren angesetzt, in denen sich mehrere Diaphragmen befinden, so daß die Luft im Innern des Kastens an den äußeren Luftströmungen nicht teilnimmt."

Um das Gitter ohne erhebliche Erwärmung zu berußen, empfehlen Lummer und Kurlbaum eine kleine Petroleumlampe, deren Docht so hoch geschraubt wird, daß ein Rußfaden aus dem Cylinder austritt. Man läßt denselben durch ein kleines Loch in einer Kupferplatte durchgehen und hält den Körper darüber. K. Angström (Wied. Ann. 48, 497, 1893) benutzt zu gleichem Zwecke eine Stearinkerzenflamme, über deren Spitze ein Drahtnetz gehalten wird.

Bei Verwendung eines dünneren Quarzfadens von 0,004 mm Stärke läßt sich die Empfindlichkeit bis auf 17 mm Ausschlag pro Millivolt steigern, doch beträgt dann die Schwingungsdauer bereits etwa 60 Sekunden. Ein stärkerer Quarzfaden von 0,02 mm Durchmesser ergab unter den gleichen Bedingungen für 0,01 Volt 1,4 mm Ausschlag und 3,5 Sekunden Schwingungsdauer.

f) Montieren eines Bolometers[1]). Lummer und Kurlbaum geben folgende Anweisung: „Ein Platinblech wird mit einem etwa zehnmal so dicken Silberblech zusammengeschweißt und ausgewalzt. Da das Blech durch das Walzen eine große Sprödigkeit annimmt, so wird es von Zeit zu Zeit im Holzkohlenfeuer geglüht und durch schwache Säuren und Reiben von seiner Glühhaut befreit und von neuem gewalzt. Ist eine gewisse Stärke überschritten, so kann das Blech nur noch zwischen einem zusammengefalteten Kupferblech weiter ausgewalzt werden. Aus den ursprünglichen Dimensionen des Bleches und aus den Flächendimensionen, welche das Blech während des Walzens annimmt, ist in jedem Moment seine Dicke bekannt und kann beliebig reguliert werden. Für unsere Bolometer haben wir uns damit begnügt, der Platinschicht eine Dicke von etwas weniger als 0,001 mm zu geben, doch können noch wesentlich dünnere Bleche, z. B. von 0,003 mm Dicke, hergestellt und in bequemer Weise montiert werden[2]). Ein solches Platinsilberblech wird mit Kanadabalsam auf eine Glasplatte aufgeklebt; auf der Teilmaschine werden dann, wie in Fig. 1978 ersichtlich ist, 12 parallele Streifen aus dem Blech herausgeschnitten, welche 32 mm lang und 1 mm breit sind, während ihr Abstand 1,5 mm beträgt.

Ein so geteiltes Blech wird mit einer Auflösung von Kolophonium in Äther auf einem Schieferrahmen *cdki* (Fig. 1979) aufgeklebt.

Der Äther verdampft aus dem Kolophonium erst dann vollständig, wenn man mit einem heißen Draht auf das Blech drückt. Beide Enden (Fig. 1979 *a* und *b*) des Blechstreifens werden für die Stromzuleitung an Kupferbleche *w* und *w'* angelötet, welche die Ecken des Schieferrahmens umfassen. Die Kupferbleche sowohl wie diejenigen Stellen des Platinsilberbleches, welche auf dem Schieferrahmen aufliegen, also die Stellen *m* und *m'*, erhalten einen Überzug von Zaponlack. Fig. 1980 zeigt einen Schieferrahmen von der Rückseite und die Zuschärfung der Balken, an welche sich die Blechstreifen anlegen. Das Silber wird von der Säure abgeätzt, während der Zaponlack nicht angegriffen wird. Aus der Säure läßt sich das Bolometer vorsichtig herausnehmen, ohne daß es zerreißt. Taucht man es dagegen in Wasser, um die Säure zu entfernen, so zerreißt es sehr leicht beim Eintauchen sowohl wie beim Herausheben wegen der Kapillarkräfte an der Oberfläche des Wassers, welches das Bolometer ungleichmäßig benetzt. So lange es noch vom Wasser vollständig bedeckt ist, zerreißt es selbst bei Erschütterungen nicht. Um das Zerreißen zu vermeiden, muß man das Wasser mit Hilfe eines sehr engen Hebers an dem Bolometer langsam in die Höhe steigen lassen. Für sehr schmale Streifchen, wie man sie für Linearbolometer gebrauchen kann, empfiehlt es sich, das Niveau des Wassers überhaupt stets über dem Bolometer stehen zu lassen, d. h. die Salpetersäure allmählich mit einem engen Heber durch Wasser zu ersetzen und ebenso

[1]) Über Bolometer siehe Lummer und Kurlbaum, Wied. Ann. 46, 216, 1892; F. Paschen, Wied. Ann. 48, 276 und 50, 415, 1893. — [2]) Solches dünnes Platinsilberblech ist fertig zu beziehen von Sy und Wagner in Berlin.

das Wasser durch Alkohol zu ersetzen und diesen durch einen Heber abfließen zu lassen.

Das Bolometer als fertigen Apparat zeigt Fig. 1982 in zwei Fünftel der natürlichen Größe.

Je zwei Schieferrahmen, wie dieselben aus den Fig. 1979 und 1980 bekannt sind, werden in den Hartgummistativen *h* und *h'* so vereinigt, daß sie sich den mit den Platinstreifen belegten Seiten zuwenden, während diese Seiten einen Abstand von 3 mm haben. Die Streifen des einen Schieferrahmens stehen hinter den Intervallen des anderen, und da die Streifen 1 mm, die Intervalle aber 1,5 mm

Fig. 1978. Fig. 1979. Fig. 1980.

Fig. 1981.

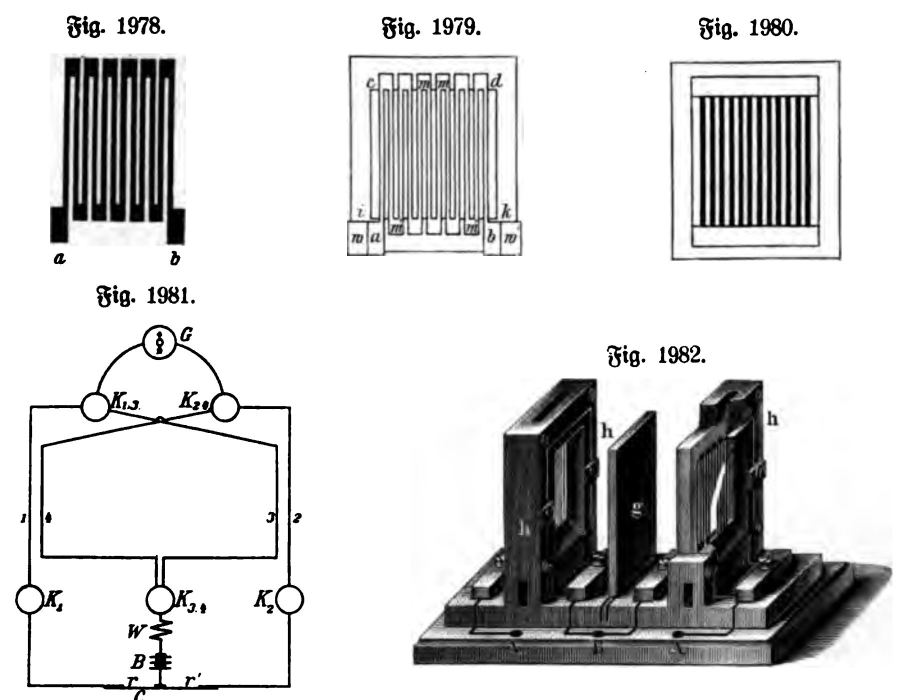


Fig. 1982.

breit sind, so verdeckt kein Streifen einen anderen. Die dazwischen befindliche Luft findet bei ihrer Erwärmung durch die Öffnungen *s* der Hartgummistative freien Zu- und Abzug.

Zwischen den Stativen *h* und *h'* ist eine geschwärzte Metallplatte *g* eingeschoben, diese Platte soll weder Strahlen reflektieren noch hindurchlassen. Über diesen Apparat wird ein Kasten gesetzt, in welchen die Grundplatte des Apparates schließend hineinpaßt. Zwei Seiten des Kastens sind mit Ausschnitten versehen, durch welche die Bestrahlung Zutritt erhält. An diesen Seiten werden Röhren angesetzt, in denen sich mehrere Diaphragmen befinden, so daß die Luft im Innern des Kastens an den äußeren Luftströmungen nicht teilnimmt."

Um das Gitter ohne erhebliche Erwärmung zu berußen, empfehlen Lummer und Kurlbaum eine kleine Petroleumlampe, deren Docht so hoch geschraubt wird, daß ein Rußfaden aus dem Cylinder austritt. Man läßt denselben durch ein kleines Loch in einer Kupferplatte durchgehen und hält den Körper darüber. K. Angström (Wied. Ann. 48, 497, 1893) benutzt zu gleichem Zwecke eine Stearinkerzenflamme, über deren Spitze ein Drahtnetz gehalten wird.

g) **Montieren einer Thermosäule.** H. Rubens (Z. 11, 126, 1898) beschreibt die Herstellung einer für Strahlungsbeobachtungen geeigneten Thermosäule, deren Einrichtung aus dem Aufriß und Grundriß, Fig. 1983, in zwei Drittel der natürlichen Größe ersichtlich ist, wie folgt:

„Den Hauptteil bildet der Elfenbeinrahmen *F*, welcher als Träger der (aus Eisen und Konstantan hergestellten) Thermoelemente dient.

Die Art, wie die Thermoelemente auf dem Elfenbeinrahmen *F* angeordnet sind, ist aus Fig. 1985 ersichtlich. Auf jedem der beiden vertikalen Längsseiten des Rahmens sind in je 2 mm Abstand zehn Messingstiftchen angebracht. Auf diesen Messingstiftchen sind die Drähte der einzelnen Thermoelemente durch Auflöten befestigt, so daß dieselben eine ununterbrochene zickzackförmige Stromleitung bilden. In Fig. 1985 sind die Eisendrähte durch dünne, die Konstantandrähte durch dicke Striche kenntlich gemacht und es ist ohne weiteres aus derselben zu ersehen, daß sämtliche geradzahligen Lötstellen auf der vertikalen Mittellinie des Rähmchens liegen, während die ungeradzahligen in 5 mm Entfernung davon, teils auf der rechten, teils auf der linken Seite angeordnet sind. Ferner erkennt man, daß sich an den Messingstiften selbst keine temperaturempfindlichen Lötstellen befinden. Es ist dies notwendig, weil die gute Nullage einer Thermosäule unter anderem wesentlich von der Gleichheit der Bedingungen abhängt, unter welchen sich die geradzahligen und ungeradzahligen Lötstellen befinden. Es muß insbesondere vermieden werden, der einen Art eine größere Wärmekapazität zu geben als der anderen, weil infolge dieses Umstandes bei einer Temperaturveränderung des Raumes, in welchem sich die Thermosäule befindet, stets die Lötstellen mit geringerer Wärmekapazität der Veränderung schneller folgen werden als diejenigen mit höherer, was naturgemäß das Auftreten eines Stromes in der Thermosäule zur Folge hat.

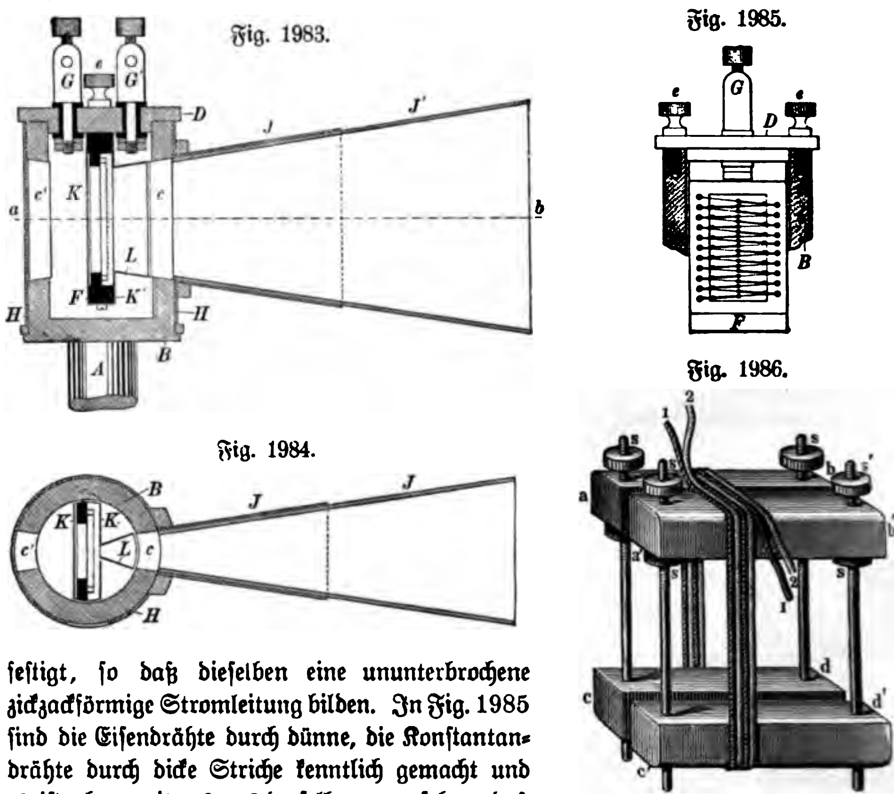


Fig. 1983.
Fig. 1984.
Fig. 1985.
Fig. 1986.

Die Weite der Diaphragmen im Cylinder und Mantelrohr ist so gewählt, daß nur die mittleren, geradzahligen Lötstellen von den zu untersuchenden Wärmestrahlen getroffen werden. Damit auch bei schieferem Einfall die ungeradzahligen Lötstellen von den zu beobachtenden Wärmestrahlen nicht erreicht werden können, sind noch unmittelbar vor dem Rahmen zwei schlitzförmige Diaphragmen aus Schablonenblech angebracht, deren eines mit einem kleinen Konus L versehen ist. Ferner ist das Innere des Messingcylinders durch Ruß geschwärzt. Die Dicke der benutzten Eisen- und Konstantandrähte betrug 0,1 bis 0,15 mm. Sämtliche Verbindungsstellen der Thermoelemente sind mit Silber gelötet. Die Lötstellen werden nach dem Erkalten zu äußerst dünnen, kreisförmigen Scheibchen von 0,5 bis 0,8 mm Durchmesser ausgehämmert. Bei der Befestigung der Thermoelemente wird darauf geachtet, daß die Ebene der kleinen Scheibchen senkrecht zur Richtung der auffallenden Strahlen steht. Die Schwärzung der Lötstellen geschah bisher stets mit Ruß.

Nach der in dem Vorstehenden beschriebenen Weise gelingt es leicht, eine lineare Thermosäule herzustellen, welche auf einer Länge von 20 mm 20 Lötstellen der Metalle Eisen und Konstantan enthält. Dieselbe liefert bei einer Temperaturerhöhung der geradzahligen Lötstellen um 1° C eine elektromotorische Kraft von $20 \times 53 \times 10^{-6} = 0{,}00106$ Volt."

Mit einem solchen Thermoelement, in Verbindung mit einem Panzergalvanometer von 5 Ohm innerem Widerstand, welches für ein Mikroampere einen Ausschlag von 3600 mm ergab, war es möglich, Temperaturerhöhungen von weniger als 1 Milliontel Grad mit Sicherheit zu beobachten.

Nach P. Lebedew [1]) steigt die Empfindlichkeit von geschwärzten Thermoelementen ungefähr auf das 7 fache, wenn dieselben in ein Vakuum von 0,01 mm eingeschlossen werden. Für blanke sogar auf das 25 fache. Weitere Verdünnung der Luft ist ohne Einfluß, da sich die Wärmeleitung derselben nicht mehr erheblich ändert.

h) Ruß- und Drahtgitter. Feinere Teilmaschinen können ohne weiteres zur Herstellung von Beugungsgittern gebraucht werden, insbesondere von Rußgittern, wie solche z. B. von dem früheren Mechaniker des Karlsruher Instituts Heckmann in großer Vollkommenheit hergestellt wurden. Die Herstellung eines Drahtgitters beschreiben du Bois und Rubens [2]) wie folgt: „Es wurden zunächst zwei genau gleiche Metallrahmen aus Messing $a\ b\ c\ d$ und $a'\ b'\ c'\ d'$ angefertigt, deren Form und Einrichtung aus Fig. 1986 ersichtlich ist. Dieselben wurden in der darin angedeuteten Weise aufeinandergelegt und nun auf der Drehbank mit zwei gleichen Drahtenden (1 und 2) bifilar bewickelt [3]), und zwar derart, daß kein freier Raum zwischen den Drähten übrig blieb und diese sich auf ihrer ganzen Länge seitlich berührten (1). Der eine der beiden Drähte (2) wurde nunmehr vorsichtig wieder abgewickelt, so daß nach Entfernung desselben ein Doppelgitter entstand von der Eigenschaft, daß die freie Öffnung zwischen zwei Gitterdrähten genau gleich dem Durchmesser des Drahtes war. Mit Hilfe der acht Schraubenmuttern s konnte das Gitter nun noch gespannt werden, wonach es durch Niederschlagen elektrolytischen Kupfers auf den Balken ab, $a'b'$, cd und $c'd'$ befestigt und schließ-

[1]) Ann. d. Phys. 9, 209, 1903. — [2]) H. du Bois und H. Rubens, Wied. Ann. 49, 592, 1893 und Naturw. Rundschau 8, 454, 1893. — [3]) Der Deutlichkeit wegen sind in der Figur die beiden Drähte verschiedenartig und viel zu stark gezeichnet. In Wirklichkeit lagen auf einem Rahmen von der in Fig. 1986 angedeuteten Größe mehr als tausend Drahtlagen nebeneinander.

lich auseinandergeschnitten wurde, so daß sich auf jedem der beiden Rahmen ein Gitter befand."

i) Mikroskopische Photographien. Die direkte Demonstration der Kristallisationserscheinungen, molekularen Umlagerungen, der künstlichen Färbung der Kristalle, der flüssigen Kristalle usw. ist nicht immer möglich, da sie viel Zeit und Sorgfalt beansprucht. Die Erscheinungen lassen sich indes zum Teil sehr gut photographieren, ja mittels des Kinematographen könnte man sogar das Wachsen der Kristalle, die Erscheinungen beim Zusammenfließen zu Kristalltropfen im polarisierten Lichte u. s. w. lediglich mittels solcher Photographien demonstrieren.

Zur Herstellung der Präparate dient das Kristallisationsmikroskop (Fig. 1987). Bezüglich der Einzelheiten sei auf meine Publikationen verwiesen[1]).

Der eigentliche, zweckmäßig mit Platin überzogene Objekttisch *l* ist nur lose in einen hohlen Drehzapfen eingesetzt, an welchen unten eine Teilscheibe angeschraubt ist. In den cylindrischen Ring, welcher die Objekttischplatte trägt, sind dicht nebeneinander große Löcher eingebohrt, um den von der kleinen Flamme aufsteigenden Verbrennungsgasen den Abzug zu gestatten. Die Umdrehung des Drehzapfens erfolgt mittels des niedrigen Handgriffes *k*, welcher an eine Arretierung anschlägt, sobald der Index der Teilscheibe auf Null weist. Letztere trägt ihre Teilung am Rande und ist geschützt durch einen Rahmen, welcher nur gegenüber dem Index bei *i* ein kleines, durch Glimmer verschlossenes Fensterchen besitzt, so daß man von oben während der Beobachtung die Stellung der Teilung beurteilen kann.

Der Polarisator *a* (Glassatz) ist so angebracht, daß er das Licht zunächst auf den Spiegel *b* wirft, von wo es auf den Mikroskopspiegel *C* gelangt. Durch Umlegen des letzteren erhält man sofort statt polarisiertes gewöhnliches Licht.

Die Vorrichtung zur Erwärmung besteht aus dem kleinen, um ein Gelenk mit Anschlag beweglichen, mit einem Handgriff versehenen Brenner *e*, welchem durch die beiden Schraubhähne *p* und *o* Gas und Luft zugeführt wird. Der Brenner *e* ist unten durch ein Glimmerblättchen geschlossen, um den Lichtstrahlen den Durchgang zu ermöglichen, so daß also die Beleuchtung des Präparates teilweise durch die Flamme hindurch erfolgt. Das Luftrohr setzt sich innerhalb des Gasrohres noch fort bis zum Anfang des beweglichen Armes. Man reguliert Gas- und Luftzufluß so, bis die Flamme von passender Größe und eben nichtleuchtend erscheint. Steht keine Gas- und Luftleitung zur Verfügung, so benutzt man die bei jedem Bandagisten billig zu erhaltenden Kautschukhandgebläse, welche einen kontinuierlichen Luftstrom erzeugen, und leitet einen solchen Luftstrom durch ein mit gekräuseltem Roßhaar ausgestopftes Fläschchen, in welches etwas Petroleumäther eingetropft wird. Das austretende Gemisch von Luft und Petroleumätherdampf brennt ebenso gut wie gewöhnliches Leuchtgas und ist sehr billig. Von Zeit zu Zeit muß man natürlich durch Drücken an dem Kautschukbeutel den Luftsack des Gebläses wieder

---

[1]) O. Lehmann, Die Kristallanalyse oder die chemische Analyse durch Beobachtung der Kristallisation mittels des Mikroskops, Leipzig, W. Engelmann, 1890. Ferner O. Lehmann, Molekularphysik mit besonderer Berücksichtigung mikroskopischer Untersuchungen und Anleitung zu solchen, sowie einem Anhang über mikroskopische Analyse. Leipzig, W. Engelmann, 1, 1888; 2, 1889; O. L. Wied. Ann. 38, 396, 1889 (Elektrolyse von festem Jodsilber); Wied. Ann. 52, 455, 1894 (Elektr. Diffusion); O. L. Wied. Ann. 51, 47, 1894 (Künstl. Färbung von Kristallen) und Drudes Ann. 2, 649, 1900 (Flüssige Kristalle) und insbesondere O. Lehmann, Flüssige Kristalle, Leipzig, W. Engelmann, 1904.

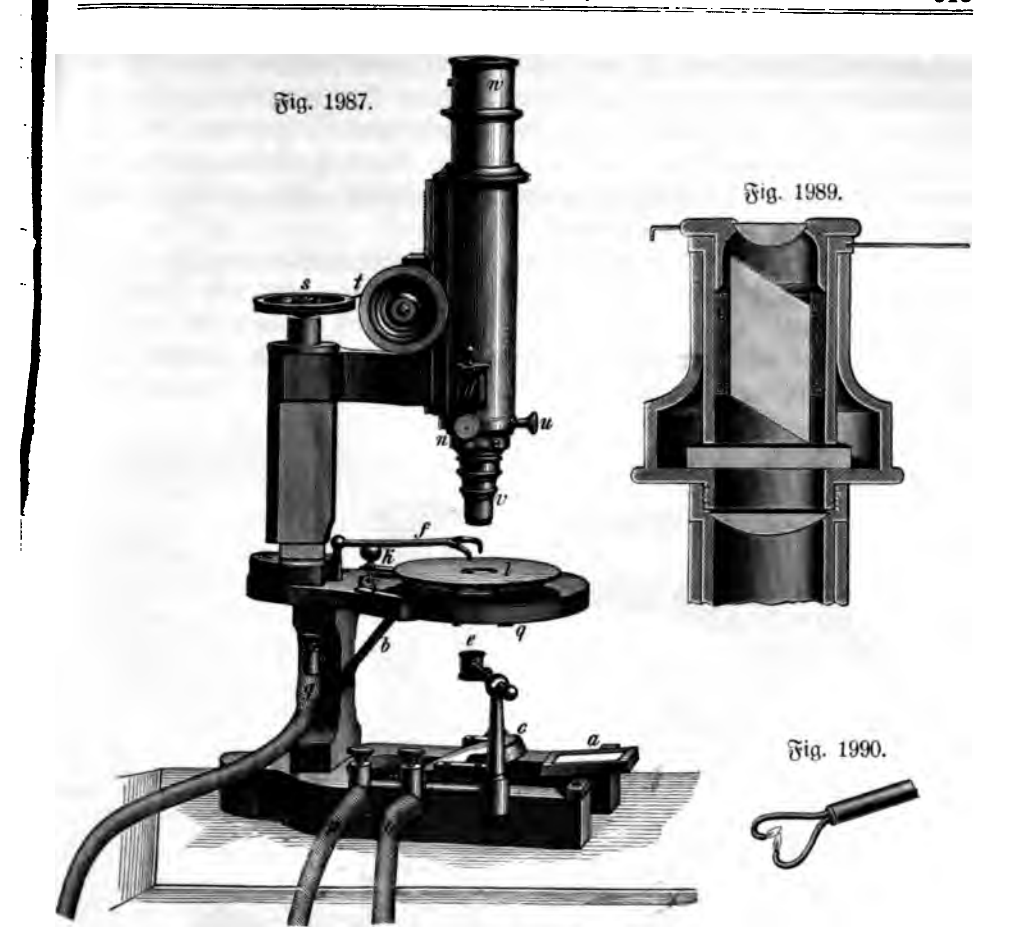
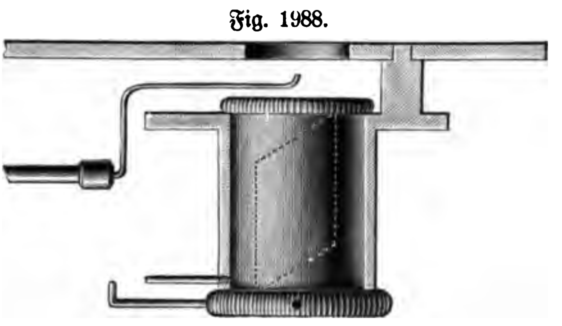


Fig. 1987.

Fig. 1989.

Fig. 1990.

Fig. 1988.



neu aufblähen, doch ist dies bei dem geringen Luftverbrauch nicht sehr störend und kann ev. noch dadurch erleichtert werden, daß man an dem Gebläse mehrere Luftsäcke anbringt.

Um die Präparate abzukühlen, kann in den Objekttisch das in der Fig. 1987 gezeichnete gegabelte Knierohr *f* eingesteckt werden, welches durch eine in dem Fuße des Mikroskopes angebrachte Bohrung einen Luftstrom erhält und diesen von oben auf das Präparat leitet. Durch einen in der Figur nicht sichtbaren Schraubhahn am Fuße des Mikroskopes läßt sich dieser Luftstrom, zu dessen Erzeugung ein Kautschukhandgebläse ausreicht, passend regulieren, so daß man z. B. bei Regulierung der untergesetzten Flamme bis etwas über den Schmelzpunkt des Präparates durch Aufdrehen der Schraube Erstarrung, durch Zudrehen Schmelzen bewirken kann, ebenso bei einer kristallisierenden heißen Lösung Wachsen oder Auflösen der Kristalle.

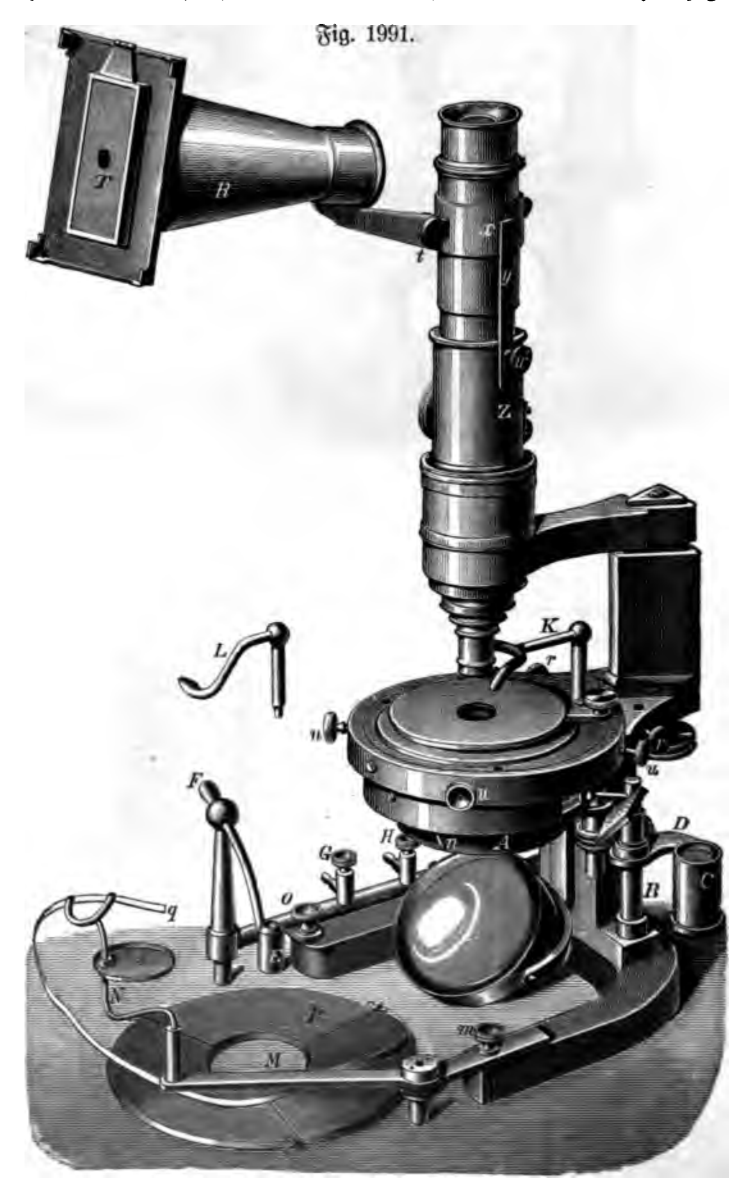
Um Präparate sehr stark abzukühlen, könnte man den Luftstrom, welcher durch

das gegabelte Blaserohr von oben auf das Präparat gerichtet werden kann, zuvor durch ein in Kältemischung befindliches Schlangenrohr hindurchströmen lassen, nachdem man ihn zuerst in einer Trockenröhre von dem beigemengten Wasserdampf befreit hat.

Zum Vorwärmen der Präparate dient ein kleines Herdchen, bestehend aus einem kleinen Gas- oder Spirituslämpchen mit Cylinder, über welchem ein Rost aus engmaschigem Drahtnetz angebracht ist.

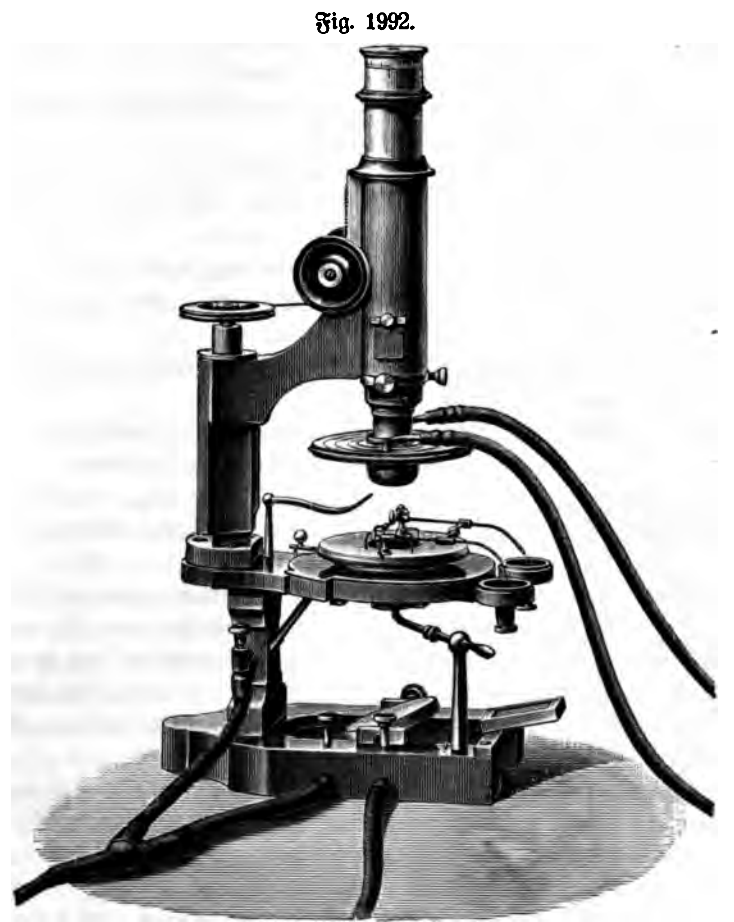
Der Rost liegt auf zwei Leisten, aus Blechstreifen gebildet, so daß die Verbrennungsgase zu beiden Seiten zwischen diesen Leisten, quer zum Objektträger austreten können. Die beiden Enden des Objektträgers dagegen sind gegen die heißen Gase geschützt, so daß sie jederzeit ungestraft angefaßt werden können. Schließlich wird das Präparat mit einem flachen (Savonette-) Uhrglase bedeckt.

Fig. 1991.



Ist man genötigt, wässerige Lösungen oder andere verdunstende Flüssigkeiten längere Zeit hindurch zu untersuchen, so empfiehlt es sich, so lange zu erwärmen, bis ein in der Nähe des Uhrglasrandes darauf gebrachtes Stückchen Paraffin schmilzt. Durch geeignetes Neigen und Drehen des Objektträgers bewirkt man dann, daß der geschmolzene Paraffintropfen sich in Form eines Ringes um das Präparat herumlegt und läßt erkalten. Durch den gebildeten Paraffinring ist ein hermetischer Schluß nach außen hergestellt und die Verdunstung unmöglich gemacht. Für Flüssig-

Fig. 1992.



keiten, die Paraffin auflösen, müßte man an Stelle desselben Glycerin mit Gelatine, Seife oder dergleichen Stoffe nehmen.

Soll ein Präparat vor der Vorlesung hergerichtet und gegen Verdunsten geschützt werden, so kann man es in einen großen Tuschnapf, in welchem sich einige Tropfen Wasser befinden, einsetzen und diesen mit dem dazu gehörigen Deckel zudecken.

Eine in manchen Fällen recht bequeme Vorrichtung, die an dem Mikroskop angebracht werden kann, ist ein Blaserohr (in der Nebenfigur L zur Fig. 1991 dargestellt) zum Schutze der Objektivlinsen; dasselbe kann an Stelle des früher erwähnten gegabelten Knierohres K, welches zur Abkühlung der Präparate dient, in den Objekttisch eingesetzt werden und sendet einen breiten Luftstrom unter geringer

Neigung gegen die Fläche der unteren Objektivlinse, unmittelbar an derselben beginnend, darüber hin. Dieser „Luftschirm“ hat nicht nur die Wirkung, die Linse bei stärkeren Wärmegraden kühl zu halten, sondern hält außerdem alle festen und flüssigen Kondensationsprodukte von derselben ab, so daß man völlig ungestört z. B. die Vorgänge in einer in offenem Gefäße kochenden Flüssigkeit und ähnliches beobachten kann, ja selbst lange andauernde Untersuchungen in einem kleinen Ölbade, wie es für Temperaturbestimmungen nötig ist, auszuführen imstande ist, ohne durch die Kondensation der Öldämpfe auf der Objektivlinse belästigt zu werden.

Die Fig. 1992 zeigt das Instrument mit einem das Objektiv ganz umschließenden Wasserkühlschirm versehen, sowie mit einem Objektträger für Elektrolyse, welche Vorrichtungen die Untersuchung (speziell Elektrolyse) glühender Körper, z. B. von geschmolzenem Jodsilber, ermöglichen.

Das Instrument wird wie jedes andere Mikroskop am besten bei Tageslicht gebraucht, doch ist auch das Licht einer Petroleum- oder Gaslampe durchaus genügend und wohl brauchbar, namentlich dann, wenn auf das Okular ein blaues Glas aufgelegt oder durch einen seitlichen Schlitz eingeschoben wird. Ich benutze hierzu ein planparalleles blaues Brillenglas, welches entsprechend geschnitten und in Fassung gebracht ist[1]).

Die Vorrichtung zum Photographieren ist aus der (eine ältere Form des Instrumentes darstellenden) Fig. 1991 ersichtlich.

Auf einen Schenkel des Hufeisens läßt sich mit einer Griffschraube *m* ein mit Arretierung versehener beweglicher Arm *M* festschrauben, dessen Ende eine gegabelte Säule *N* zur Aufnahme eines Magnesiumbandes *P* trägt. Das Magnesiumband wird auf die Kante in die geschlitzten Enden der Gabel eingeschoben und hat dann genaue Richtung nach der Mitte des Spiegels und solche Neigung, daß das von dem Spiegel erzeugte Bild, wenn derselbe zur Beleuchtung des Präparates mit Tages- oder Lampenlicht eingestellt ist, gerade mit dem Präparat sich deckt. Wird das Magnesiumband bei *q* angezündet, so wird die Flamme auf das Präparat projiziert, dasselbe also sehr intensiv beleuchtet, und daran ändert sich nichts, wenn auch bei fortschreitendem Abbrennen das Magnesiumband sich verkürzt. Die herabfallende Asche wird von dem kleinen Tellerchen *s* aufgenommen.

Soll photographiert werden, so wird an den Tubus der Trichter *R* angeschraubt, welcher durch ein Gelenk *t* mit Anschlag mit dem den Tubus umfassenden federnden Ring *x* verbunden ist. Während der Beobachtung behält derselbe die in der Figur gezeichnete Stellung. Zeigt sich aber eine geeignete Stelle in einem Präparate, so wird derselbe rasch aufgeklappt, so daß er vertikal über das Okular zu stehen kommt, nun so rasch wie möglich mittels der durch ein Scharnier damit verbundenen Visierscheibe *T* scharf eingestellt, letztere umgeklappt und an deren Stelle eine kleine Kassette von der üblichen Form eingesetzt, in welche die empfindliche Trockenplatte bereits eingelegt ist. Die Kassette, welche ich gebrauche, ist aus dünnem Messingblech mit hohlem Rahmen verfertigt. Zweckmäßiger würde man wohl statt dessen Aluminium oder Magnalium verwenden. Die Visierscheibe ist fein matt gemacht, enthält aber in der Mitte einen durchsichtigen Fleck. Man stellt

---

[1]) Ohne feine Einstellung wird das Instrument von Voigt u. Hochgesang (R. Brünnée), Göttingen, Untere Maschstraße 26, geliefert zu 230 Mk., mit feiner Einstellung und Vorrichtungen für Beobachtung bei Glühtemperatur und für Elektrolyse zu 470 Mk. Dieselbe Firma liefert auch alle nötigen Utensilien, Objektträger u. s. w.

zunächst auf den matten Teil provisorisch ein und dann mit Hilfe einer Lupe auf den durchsichtigen Fleck. Schließlich fixiert man die Stellung mittels der Schraube *w*, welche einen Fortsatz des Trichters gegen die feste Hülse *Z*, in der sich der Tubus bewegt, anklemmt.

Nach einigen Vorversuchen hat man bald die nötige Länge des abzubrennenden Magnesiumbandes ermittelt, schiebt also dasselbe so in die Gabel ein, daß es um dieses Stück vorragt und hat dann mit Abmessung der Expositionszeit sich gar nicht weiter zu befassen, da das Band von selbst erlischt, sowie die Flamme bis zur Gabel vorgeschritten ist. Zum Entzünden des Bandes dient die bewegliche Flamme, welche sonst zur Erwärmung der Präparate gebraucht wird. Zu diesem Zwecke ist der bewegliche Arm, welcher das Magnesiumband trägt, so abgepaßt, daß, wenn die nötige Länge des Bandes eingesetzt ist, das Ende desselben gerade über die kleine Flamme zu stehen kommt, wenn der drehbare Arm des Brenners passend verschoben wird.

Fig. 1993.

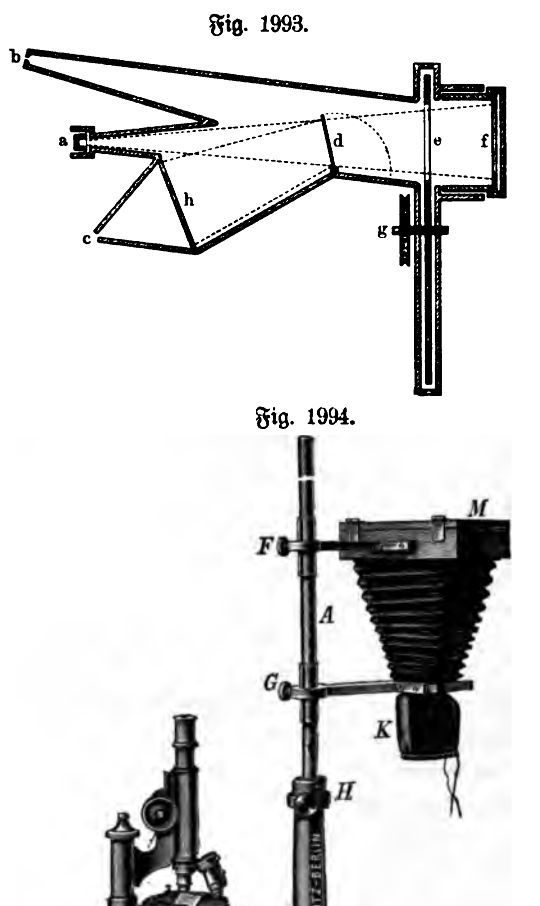


Fig. 1994.

Man ist durch diese Vorrichtung in den Stand gesetzt — was für solche Untersuchungen sehr wichtig —, im gegebenen Moment rasch (Expositionszeit gleich zwei Sekunden) zu photographieren und ebenso rasch das Mikroskop wieder für subjektive Beobachtung frei zu geben.

Weitaus besser als diese kleinen Vorrichtungen [1]) eignet sich zur Herstellung der Mikrophotographien das oben S. 220 beschriebene **Projektionskristallisationsmikroskop**. Man kann z. B. einfach in der Weise verfahren, daß man das Objekt in vollständig dunklem Zimmer auf eine Kassette projiziert, deren Deckel mit weißem Papier beklebt ist und, sobald sich das Objekt in dem gewünschten Zustande befindet, den Schieber rasch öffnet und wieder schließt. Damit hierbei Erschütterungen der Kassette vermieden werden, ist es nötig, sie gegen eine feste Wand, eventuell einen Klotz auf einem starken Stativ, anzuhalten. Durchaus notwendig

---

[1]) Einen gewöhnlichen mikrophotographischen Apparat nach **Scheffer**, zu beziehen von **Fueß**, Steglitz-Berlin, zu 85 Mk. zeigt, Fig. 1994.

ist ferner, daß aus dem Mikroskop kein seitliches Licht heraustrete, welches eine Erhellung des Zimmers veranlassen könnte. Man kann es etwa samt der Lampe in einen mit Vorhang versehenen Kasten setzen, mit einem konischen, innen geschwärzten Ansatzrohr, welches nur dem Strahlenkegel den Ausgang gestattet.

Häufig ist es notwendig, eine ganze Serie von Bildern in rascher Folge herzustellen. Zu diesem Zwecke bringe ich im Innern einer sehr großen Kassette eine drehbare Scheibe an, auf welcher die empfindlichen Platten in regelmäßigen Abständen befestigt sind. An einer Stelle befindet sich statt einer empfindlichen Platte eine Mattscheibe, um zunächst das Bild scharf stellen zu können. Dieselbe kann sowohl von der Rückseite wie (durch ein seitliches Rohr) von der Vorderseite betrachtet werden. Vor der Kassette mit der rotierenden Scheibe befindet sich ein zweiter Kasten mit einer rotierenden Scheibe, die eine Öffnung entsprechend der Größe der empfindlichen Platte besitzt, sie besteht aus weißer Pappe und kann vom Mikroskop aus gedreht, sowie auch durch einen schräg in dem Kasten angebrachten Tubus beobachtet werden. Nachdem die Scharfstellung erfolgt ist, wird sie zunächst so gedreht, daß das Licht von der Kassette abgeschlossen ist. Nun bringt man durch Drehen der Kassettenscheibe bis zu einem Anschlag die erste empfindliche Platte in die Expositionsstellung, wartet, bis auf der weißen Scheibe das Präparat im richtigen Zustande erscheint, dreht dann die Scheibe rasch einmal herum, wodurch die Platte belichtet wird, dreht die Kassettenscheibe abermals bis zum Einschnappen, so daß nun die zweite Platte parat ist, dreht abermals die weiße Scheibe einmal herum, so daß auch diese belichtet wird, und fährt so weiter fort, bis die ganze Serie von Platten exponiert ist und wieder die Mattscheibe vor der Öffnung sich befindet. Es erübrigt nun, nur die Kassette in der Dunkelkammer zu öffnen, die belichteten Platten herauszunehmen und durch neue zu ersetzen, um alsbald die Versuche fortsetzen zu können. Eine Gesamtansicht des Apparates ist gegeben in meinem Buche, Flüssige Kristalle, S. 29, Fig. 24 und zwar in einer verbesserten Form, welcher auch die Durchschnittsfigur 1993 entspricht. Die von dem Mikroskopprisma *a* kommenden Strahlen treffen zunächst auf den drehbaren Spiegel *d* und werden von diesem auf die Visierscheibe *h* geworfen, so daß der Beobachter bei *c* die Schärfe des Bildes beurteilen und gleichzeitig die Mikrometerschraube bei *a* betätigen kann. Natürlich muß die Entfernung $hd = df$ sein. Ist die Scharfstellung beendigt, so wird der Spiegel *d* durch eine bis *c* reichende Stange bis zu einem Anschlag umgeklappt, somit den Lichtstrahlen der Weg von *a* bis *f* freigegeben. Der Beobachter stellt sich nun an *b*, wobei er gleichzeitig in der Lage ist, etwa die Heiz- oder Kühlvorrichtung des Mikroskops betätigen zu können und drückt, sobald das Objekt die richtige Beschaffenheit zeigt, auf einen (ebenfalls auf dem Rohr *b* angebrachten) Knopf, wodurch ein Relais betätigt wird, welches den Strom einer Drahtspule schließt, die durch Hineinziehen eines Eisenkerns eine Arretierungsvorrichtung hebt, und hierdurch die Drehung der Scheibe *e* auslöst, welche durch eine um die Rolle *g* gewickelte, durch ein Gewicht belastete Schnur hervorgebracht wird. Die Arretierungsvorrichtung ist so eingerichtet, daß sie nach einem Umlauf der Scheibe *e* deren Bewegung wieder hemmt. Die Größe des Schlitzes in der Scheibe *e* läßt sich regulieren und damit die Expositionsdauer innerhalb weiter Grenzen ändern. Da sich die Scheibe sehr schnell dreht, können kurz nacheinander viele Aufnahmen gemacht werden, falls ein Gehilfe an der Wechselkassette jeweils sofort nach Umlauf der Scheibe den Plattenwechsel bewirkt

oder eine automatische Vorrichtung dies besorgt. Um alle Erschütterungen zu vermeiden, ist sowohl das Mikroskop *a*, wie die Kassette *f* außer Berührung mit der eigentlichen Dunkelkammer und das Eindringen des Lichtes wird dadurch gehindert, daß die Teile nicht nur einfach wie in der Figur, sondern mehrfach übereinander greifen. Um das Eindringen von Licht durch die Öffnungen *c* und *b* zu verhindern, sind diese mit Verschlußvorrichtungen versehen und zwar schließt sich *b* automatisch, sobald auf den Knopf gedrückt wird. Die Stative, welche das Mikroskop und die Kassette *f* tragen, sind vom Fußboden unabhängig und stehen auf besonderem auf Cementmauerwerk hergestelltem Fundament, da schon geringe Erschütterungen des Bodens bei der angewandten starken Vergrößerung die Schärfe der Bilder wesentlich beeinträchtigen würden.

79. Das Magazin. Die Werkstätte muß mit einem Lager von Materialien verbunden sein, denn Werkzeuge allein nützen zum Arbeiten gar nichts.

Dieses Lager muß sogar recht vollständig sein, denn der forschende Physiker kann nicht wie der nach Schablonen arbeitende Mechanikus in Ruhe die nötigen Materialien ankaufen, wie sie gerade nötig sind; es würde das zu viel Zeit absorbieren, und gerade in der Zeitersparnis beruht der Hauptnutzen der Selbstanfertigung der Apparate.

Die Anordnung dieses Materialienvorrats geschieht am besten in erster Linie nach der Menge und Größe, in zweiter nach der Natur und Bestimmung der Materialien, in dritter nach der Aufbewahrungsart.

Den größten Raum nehmen lange Eisenstangen, Bretter und dergleichen ein, welche man zweckmäßig vertikal an die Wand lehnt, so daß sie leicht hingestellt oder weggenommen werden können. Auf dem Fußboden wird der nötige Raum durch aufgenagelte Rahmen oder Latten abgegrenzt. In zweiter Linie kommen in Betracht Drähte, die man nach der Dicke geordnet und mit weithin sichtbaren Nummern versehen am besten an Haken an der Wand aufhängt, welche zweckmäßig in angeschraubte Flacheisenstäbe eingenietet werden. Zum Herunterholen dient eine Stange mit geeignetem Haken am Ende.

Besondere Schwierigkeiten macht das Aufbewahren großer Blechtafeln. Man kann sie ebenfalls an die Wand anlehnen, gehalten durch ein besonderes, leicht zu entfernendes, eisernes Gestell und zwar so, daß jede einzelne (mit einer Flachzange) leicht seitlich herausgezogen werden kann. Der Boden sollte, um das Gleiten zu erleichtern, mit Eisenblech beschlagen sein. Ähnlich sind große Pappdeckelscheiben, Glasscheiben, Holztafeln u. s. w. in Lattengestellen aufzubewahren.

Für die kleineren Gegenstände verwende ich einen großen Tisch von 12 m Länge und 2 m Breite, unter dessen Platte sich noch zwei weitere befinden, die hauptsächlich als Schäfte zur Aufnahme kürzerer Metallstangen, Brettstücke, Holzstäbe und dergleichen dienen. Die obere Platte ist durch aufgesetzte Rippen zum Teil in größere, zum Teil in kleinere Fächer eingeteilt, in welchen alle möglichen kleineren Artikel, Metallstücke aller Art, Nägel, Schrauben, Glasröhrenstücke und dergleichen aufbewahrt werden.

Ein großer Schrank enthält fernerhin oben kleinere, unten größere Fächer, erstere zur Aufnahme von Zinkblechschachteln mit kleinen Gegenständen und verschließbaren Kassetten mit Wertobjekten, wie Gold, Silber, Platin u. s. w. Die unteren größeren Fächer sind zweckmäßig zum Herausziehen eingerichtet (als

Schubladen ohne Vorderwand) und enthalten allerlei kürzere Stäbe, Tafeln oder Bleche und zwar so, daß man vorn deren Querschnitt sehen kann. Ein weiterer Schrank enthält Chemikalien und zwar unten große Flaschen und Blechkisten, im mittleren Teil mittelgroße Flaschen und Blechkisten und oben kleine Flaschen. Ein letzter Schrank enthält Glas und andere Gefäße verschiedener Art (von Steingut, Ton, Blech u. s. w.), insbesondere leere Flaschen mit engem und weitem Hals von verschiedener Größe, mit und ohne Glasstöpsel.

Im einzelnen sind die im Magazin aufbewahrten Gegenstände die folgenden:

1. Stangen und Bretter. Rundeisen, Quadrateisen, Flacheisen und Bandeisen, Winkeleisen, T-Eisen, U-Eisen, Doppel-T-Träger, Eisenröhren, Rundstahl, Quadratstahl, Flachstahl, Profilstahl, Magnetstahl, Mannesmannröhren, Rundmessing, Quadratmessing, Flachmessing, Messingröhren, Rundkupfer, Flachkupfer, Kupferröhren, lange Glasröhren, tannene Bretter, Rahmenschenkel, Latten, Buchenbretter, Hartholzrahmenschenkel, Rundholz, Stangen zum Drechseln, eschene Stangen, Laubsägenholz, Rollenpapier, Blechröhren, Isolierröhren, Linoleum, Wachstuch.

2. Bleche, Holz- und Glastafeln. Eisenblech, Zinkblech, Messingblech, Kupferblech, gelochte Bleche, Weißblech, Pappdeckel, Preßspan, breite Holztafeln, Spiegelglasscheiben, große Glasscheiben, farbige Glastafeln.

3. Drähte an der Wand. Eisendraht, Messingdraht, Kupferdraht, Stahldraht, Neusilberdraht, flacher Eisendraht, Nickelindraht, Manganindraht, Nickeldraht, Kruppindraht, Aluminiumdraht, Konstantandraht, Magnaliumdraht, verzinnter Eisendraht, verzinnter Kupferdraht, galvanisierter Eisendraht, Bandeisen, verzinntes Bandeisen, Messingband, Kupferband, Bandstahl, umsponnener Draht, Guttaperchadraht, Bleikabel, Kabel, armierte Kabel, biegsame Metallrohre, Messingkapillaren, dünne Bleiröhren, dünne Zinnröhren, Stahldrahtseile, verzinkte Stahldrahtseile, dünner weicher Kupferdraht, Kupferdrahtseile, Bleidraht, Kadmiumdraht, Leitungsschnüre, Hanfseile, Riemen, dicke Saiten.

4. Schäfte unter dem Tisch. Quadrateisen, Flacheisen, Bandeisenstücke, Winkeleisen, U-Eisen, T-Eisen, Doppel-T-Träger, Eisenplatten, Eisenrohrstücke, Eisenblechstücke, Rundstahl, Quadratstahl, Stahlblech, Profilstahl, Silberstahl, Magnetstahl, Stahlrohrstücke, Rundmessing, Flachmessing, Messingplatten, Quadratmessing, Messingblechstücke, Messingrohrstücke, Rundkupfer, Flachkupfer, Kupferrohrstücke, Kupferplatten, Kupferblechstücke, Zinkplatten, Zinkblechstücke, Weißblechstücke, Bleiplatten, Bleiblechstücke, Drahtnetzstücke, Drahtgitter, gerolltes Messingblech, Rollenpapier, Packpapier, Pappdeckel, Fließpapier, Pauspapier, Fournierholz, tannene Brettstücke, Buchenbretter, Ahornbretter, Nußbaumbretter, Birnbaumbretter, Kirschbaumbretter, Lindenholzbretter, Laubsägenbretter, Preßholz, Weißbuchenholz, Lattenstücke, Rahmenschenkel, Rundholz, Drechselholz, Holzdorne, Holzfutter, Korkstoffplatten, Blechröhren, gerollte Bleiröhren, gußeiserne Stativfüße.

5. Fächer auf dem Tisch. Flacheisenstücke, Rundeisenstücke, Bandeisenstücke, Eisendrahtstücke, Eisenrohrstücke, Eisenblechstücke, Stahlstücke, Rundstahlstücke, Stahldrahtstücke, Silberstahlstücke, Stahlblechstücke, Stahlrohrstücke, Triebstahlstücke, Winkeleisenstücke, Rundmessingstücke, Vierkantmessingstücke, Messingplattenstücke, Fassonmessing, Rotgußstücke, Messingdrahtstücke, Messingblechstücke, Messingrohrstücke, gebogene Messingröhren, messingene Schalen, Kupferstücke, Kupferdrahtstücke, Kupferblechstücke, Kupferrohrstücke, Weißblechstücke, Zinkstücke, Nickelblechstücke, Zinkblechstücke, Neusilberblechstücke, Aluminiumstücke, Aluminiumblechstücke, Magnaliumstücke, Magne-

siumstücke, Bleistücke, Bleidrahtstücke, Bleiblechstücke, Bleikugeln, verschiedene Metallrohrstücke, Drahtstifte, eiserne Nägel, Messingnägel, Eisennieten, Kupfernieten, Messingnieten, Drahtkrampen, Haken, eiserne Holzschrauben, Messingene Holzschrauben, Kopfschrauben für Holz, Hakenschrauben, Ringschrauben, Holzschrauben mit Muttern, Stahlmetallschrauben, messingene Metallschrauben, Kopfschrauben, Mutterschrauben, geschnittene Schraubenmuttern, ungeschnittene Muttern, Unterlegscheiben, Schraubenbolzen, Bankeisen, Flügelmuttern, Gasmuffen, Verminderungsmuffen, Gasnippel, Flanschen, Gaskappen, Gasstopfen, Gaswinkel, Verminderungswinkel, Deckenwinkel, Gas-T-Stücke, Verminderungs-T-Stücke, Decken-T-Stücke, Bogenstücke, Kreuzstücke, Verminderungskreuzstücke, Rohrverschraubungen, Feuerschlauchverschraubungen, eiserne Hähne, Schlauchhähne, Ventilhähne, Verschlüsse, verschiedene Federn, Stahlkeile, Spiralfedern, federnde Unterlagscheiben, Splinte, eiserne Winkel, Klemmen, Schlösser, Riegel, Schlüssel, Ösen, Knopfschrauben, Ringe, Tapeziernägel, Reißnägel, Glockenschalen, Fassungen, Hefte, Schiffchen, Stahldorne, Messingdorne, Gewichte, Stativfüße, Schneiden, Rollen, Lager, Zahnräder und Triebe, Kurbeln, Zahnstangen, Hand- und Laufräder, Exzenter, Kontakte, Drahtspulen, Kommutatoren, Elektromagnete, Magnete, Führungen, Arretierungen, Scharniere, Hebel, Brenner, Glühlampen, kleine Schachteln, Kautschukpfropfen, Korke, Buchsbaumholzstücke, Ebenholzstücke.

6. Zinkschachteln oben im Schrank. Schmiedbarer Eisenguß, Messingguß, Rotguß, Kupferstücke, Messingstücke, Stahlstücke, Stahlkapillaren, Messingkapillaren, Aluminiumkapillaren, feiner Silberstahl, Triebstahl, Nickelanoden, Magnaliumguß, Magnaliumstücke, Magnesiumguß, Aluminiumguß, Baumwollendraht, Seidendrähte, feiner Kupferdraht, Klaviersaiten, Messingdraht, weicher Eisendraht, Neusilberdraht, Nickeldraht, Nickelindraht, Konstantandraht, Kruppindraht, Manganindraht, Aluminiumdraht, Magnaliumdraht, gehärtete Stahlkugeln, Seidenschnüre, Bindfaden, Nähfaden, farbige Wolle, Darmsaiten, geklöppelte Seidenschnur, Baumwollbänder, Seidenband, Asbestschnur, Isolierband, Dochte., feines Leder, Tierblase, Seidenzeug, feine Leinwand, Isolierleinen, Glimmerleinwand, Gaze, Tuchstücke, farbiges Zeug, Stanniol, Buchsbaumholz, Ebenholz, Pockholz, Ebonit, Vulkanfiber, Guttapercha, verschiedene Isolatoren, Celluloid, Porzellanisolatoren, isolierende Glasstäbe, isolierende Röhren, Speckstein, Glimmer, farblose Gelatinefolie, farbige Gelatinefolie, Goldschlägerhäutchen, Glaswolle, Strohhalme, Schilfrohr, Helianthusmark, Suberit (Korkstoff), Stempelkautschuk, Horn, Glasperlen, Linsen, Putzhölzer, Kautschukschlauchstück, Nähnadeln, Nähfaden, Maßstäbe, Kreisteilungen, Glasstöpsel, Glasrohrstücke, Glasrohrwinkel, Glasrohr-T-Stücke, Glasverminderungsstücke, farbige Glasstäbe, Glaskugeln, Glashähne.

7. Verschließbare Kassetten im Schranke. Platindraht, Platinblech, Golddraht, Goldblech, Silberdraht, Silberblech, Palladiumblech, Platinkapillaren, Goldanoden, Silberanoden, sehr dünnes Blech, feinster Platindraht, feinster Silberdraht, feinster Eisendraht, versilberter Nickeldraht von 0,03 mm, feinster Neusilberdraht, Konstantandraht von 0,03 mm, Kokonfäden, feinste Stahlkapillaren, Quarzfäden, kleinste Metallschrauben, feine Federn, antimagnetische Federn, Blattgold, Blattaluminium, Deckgläschen, sehr dünne Spiegel, Metallspiegel, Kollodiumhäutchen, sehr kleine Linsen, Platinasbest, Palladiumasbest, Diamantpulver, Silberpulver, Versilberungspulver, Platinchlorid, Goldchlorid, Glanzgold, Glanzplatin, Glanzsilber, feines Uhrmacheröl.

8. Untere Schäfte im Schrank. Eisenstäbe, Stahlstäbe, Messingstäbe, Kupferstäbe, Zinkstäbe, Eisenrohrstücke, Stahlrohrstücke, Messingrohrstücke, Bandstahlstücke, Eisendrahtstücke, Stahldrahtstücke, Messingdrahtstücke, Kupferdrahtstücke, Aluminiumrohrstücke, verschiedene Metallrohrstücke, Bandeisenstücke, Eisenblechstücke, Messingblechstücke, Weißblechstücke, Kupferblechstücke, Zinkblechstücke, Neusilberblech, Bleiblechstücke, Aluminiumblech, Nickelblech, Magnaliumblech, dünnes Messingblech, vernickeltes Messingblech, vernickeltes Zinkblech, verschiedene Blechstücke, Schablonenkupfer, Drahtnetzstücke, Eisenplatten, Messingplatten, vierkantiger Messingguß, gegossenes Rundmessing, Kupferplatten, Zinkplatten, Bleiplatten, Messingguß, schmiedbarer Eisenguß, Stahlguß, Grauguß, Rotguß, Zinkguß, Bleiguß, Weichlotstangen, Stahldorne, Messingdorne, Rundholzstücke, Hammerstiele, Holzdorne, Holzfutter, Hartholzstücke, Drechselholz, Weichholzstücke, Lattenstücke, Rahmenschenkelstücke, dünne Brettstücke, Korkplatten, Suberit, Pappdeckel, Vulkanfibertafeln, Ebonittafeln, Vulkanfiberstücke, Ebonitröhren, Asbestpappe, Preßspan, Paraffintafeln, verschiedene Isolatoren, Karton, Kautschukplatten, Kautschukplatten mit Einlage, Glasplatten, Spiegelglas, matte Glasscheiben, isolierende Glasplatten, dünne Glasplatten, farbige Glasscheiben, farbige Glasstäbe, Glasstäbe, geteilte Glasröhren, Spiegel, Einschmelzglas, Platinglas, Fettstifte, Mikanitstücke, Asbestpapier, Guttaperchapapier, Glimmerpapier, Isolierpapier, Fournierholz, Metallpapier, Aktendeckel, Gelatinefolien, Pergamentpapier, Celluloidplatten, Rauschgold, Gold- und Silberpapier, farbiges Papier, Asbestpapier, gummiertes Papier, Schmirgelpapier, Sandpapier, Karborundumpapier, Rotpapier, Glaspapier, Fließpapier, Seidenpapier, Pauspapier, Blaupapier, Blumenpapier, Konzeptpapier, Schreibpapier, Papierskalen, Papierteilkreise.

9. Chemikalienschrank. a) Große Flaschen. Destilliertes Wasser, Spiritus, Spiritusreste, Alkohol absol., Äther, Ätherreste, Petroleum, Petroleumreste, Petroleumäther, Petroleumätherreste, Terpentinöl, Terpentinölreste, Leinölfirnis, Maschinenöl, Dampfcylinderöl, konzentrierte Schwefelsäure, Schwefelsäurebeize, Lötwasser, Kupfervitriollösung, Kopalfirnis, Asphaltlack, Magnesia alba, Gips, Zement.

b) Große Zinkblechschachteln. Gelatine, Leim, Kolophonium, hartes Paraffin, Schmierseife, Sägespäne, Messingspäne, Lehm, Formsand, Bleiabfälle, Zinkabfall, Seife, Quecksilber in Eisenflaschen.

c) Mittelgroße Flaschen. Destilliertes Wasser, Spiritus, Alkohol absol., Äther, Petroleum, Terpentinöl, Petroleumäther, Maschinenöl, feines Mineralöl, Leinölfirnis, Lampenöl, Olivenöl, Stearinöl, Politur, Wachspolitur, Knochenöl, Dampfcylinderöl, Chloroform, Antioxyd, Sikkativ, Tauchlack, Zaponlack, Isolierlack, Goldbad, Silberbad, Quecksilber, Amalgamiersalz, Kupfervitriollösung, Chlorzink, Braunbeize, Schwarzbeize, Fuchsinlösung, Eosinlösung, farbige Spirituslacke, Goldlack, Kurkumalösung, Drachenblutlösung, Kaliumbichromatlösung, Lötwasser, Eisessig, konzentrierte Schwefelsäure, verdünnte Schwefelsäure, Kupfernitratlösung, Ätznatronlauge, Kautschuklösung, dicke Schellacklösung, Wasserglas, Tischplattenlack, Asphaltlack, Emaillefarben, Modellack, Glaspulver, Kopallack, Elektralack, Dammarlack, farbige Lacke, Ölfarben, flüssiger Leim, Gummi, Dextrin, gelbes Wachs, Stärke, Leinsamenmehl, weißes Wachs, Hausenblase, Tragant, Blätterschellack, venetianischer Terpentin, Kanadabalsam, Mastix, Sandarak, Hahnfett, Mennigekitt, Glaserkitt, Schlaglot, kalzinierter Borax, Stearin, Borax, Härtepulver, Farbpulver für Leimfarbe, Kurkuma, Safran, Fernambukholz, Kampechholz, Santelholz, Ruß, präparierter

Weinstein, Schlemmkreide, Polierrot, Zinnasche, Tripel, Wienerkalk, Bimssteinpulver, Putzpomade, Putzpulver, Silbersand, Schmirgel, Karborundum, Seesand, Porzellankörner, Schrot, Kohlenpulver, Graphit, Soda, Borsäure, Ätzgrund, Flußspatpulver, Zyankalium, Silbernitrat, Kollodiumwolle, Emaille, Chlornatrium, Marmor, Asbest, Celluloidabfälle, Eisenfeile.

d) Zinkblechschachteln. Gelbes Wachs, Harzkitt, Schellack (Terpentinkitt), Siegellack, Marineleim, Kolophonium, Ölkitt, Treibkitt, Pech, Schwarzpech, Asphalt, Papierteig, Schwefel, Zinnlot, Schweißsand, Pfeifenerde, Speckstein, Sand.

e) Kleine Flaschen. Diamantine, verschiedene Sorten Bronze, Bronzemedium, Gold- und Silberfarbe, Sublimat, Kobaltoxyd, Manganoxyd, Kupferoxyd, Kupferchlorid, Wismutnitrat, Chlorantimon, Antimon, Aluminiumlot, Selen, Drachenblut, Anilinfarben, Anilinviolett, Anilingelb, Anilinblau, Anilingrün, Kopaivabalsam, Schwefelleber, Kollodium, Ochsengalle, Porzellanfarben, Schwefelkohlenstoff, Blutlaugensalz, Syndetikon.

f) **Vor dem Fenster, große Flaschen.** Salzsäure, Salpetersäure, Ammoniak, Matt- und Glanzbrenne.

g) **Vor dem Fenster, mittelgroße Flaschen.** Salzsäure, Salpetersäure, rauchende Salpetersäure, Ammoniak.

h) Fern von Glasgegenständen. Flußsäure, Fluorwasserstofffluorkalium [1]).

Geschirrschrank. Flaschen mit und ohne Glasstöpsel, mit engem und weitem Hals, Reagenzgläser, Muster (Präparatengläser), Blechbüchsen, Pappdeckelschachteln, Cigarrenkistchen, Gefäße aus Steingut, Ton, emailliertem Blech u. s. w.

80. Dienerzimmer. Neben dem technischen Assistenten sind in Karlsruhe zur Vorbereitung der Experimente, Instandhaltung des Instituts und Besorgung der Geschäfte angestellt: ein Mechaniker und zwei Diener, von welchen der eine als Schlosser, der andere als Schreiner ausgebildet ist. Für kleinere Verhältnisse ist natürlich weniger Personal nötig, aber selbst an Mittelschulen soll nach Schlegel (Z. **10**, 201, 1897) wenigstens zeitweise dem Lehrer der Physik ein Diener zur Verfügung stehen und ferner soll viertel- oder halbjährlich das Kabinet durch einen Mechaniker revidiert werden.

An manchen Orten ist einer der Schüler gegen entsprechende Geldentschädigung von seiten der Schule (etwa Erlaß des Schulgeldes) damit beauftragt, die gebrauchten Apparate (natürlich unter Aufsicht) wieder zu reinigen und an ihren Ort zu bringen.

Natürlich können hierbei nur besonders begabte Schüler in Betracht kommen, die durch solche Nebenarbeit in ihren Schularbeiten nicht gestört werden. Man kann übrigens über die Zweckmäßigkeit der Beiziehung von Schülern zur Herrichtung und Abrüstung von Experimenten verschiedener Meinung sein. Uhlich (Z. 10, 203, 1897) erklärt dieselbe aus prinzipiellen Gründen für unzulässig. Auch wird durch Zerbrechen und andere Ungeschicklichkeiten durch Schüler immer einiger Schaden angerichtet, doch ist derselbe bei sorgsamer Überwachung und guter Disziplin kaum nennenswert. An Sorgsamkeit von seiten der Schüler fehlt es in der Regel

[1]) Phosphor muß unter Wasser so aufbewahrt werden, daß im Falle des Zerspringens der Flasche kein Feuer auskommen kann. Ungelöschter Kalk und Kollodiumwolle erfordern ebenfalls besondere Vorsicht. Cyankalium sollte Unbefugten nicht zugänglich sein.

Fig. 1995.



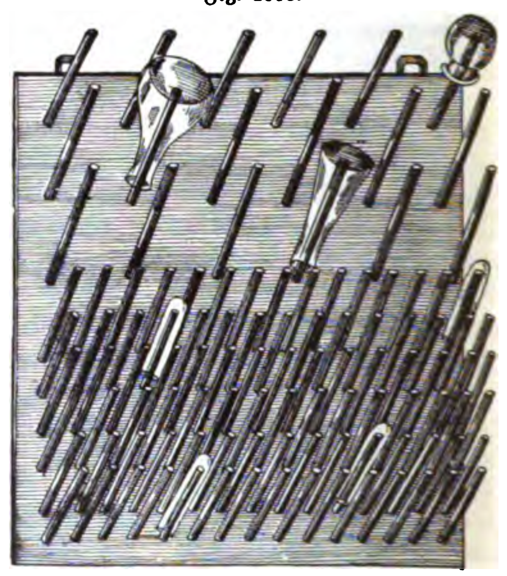
Fig. 1997.



Fig. 1996.



Fig. 1998.



nicht und der Unerfahrenheit kann man durch vorausgehende Belehrung entgegenwirken, wobei freilich nötig ist, daß der Lehrer selbst bereits praktische Erfahrung besitze und die Schwierigkeiten klar übersehe.

Sehr viel hängt übrigens von den besonderen Verhältnissen ab. Im allgemeinen sollte die Beiziehung von Schülern nicht die Regel, sondern nur einen Ausnahmefall bilden.

Sind, wie an einem größeren Institute, besondere Diener angestellt, so ist

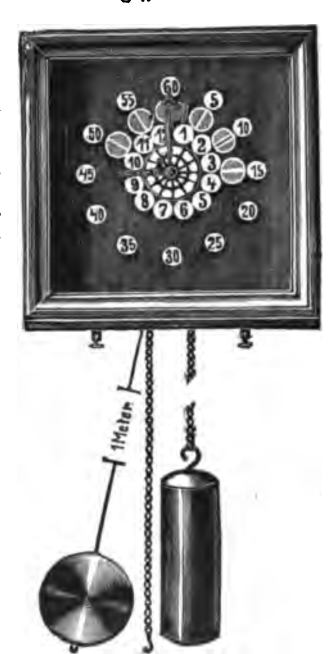
auch ein Dienerzimmer mit Wascheinrichtung [eventuell Badeeinrichtung[1])] nicht zu entbehren, da Kleiderschränke und dergleichen nicht in eine Werkstätte gehören.

Zum Waschen von Arbeitskleidern, Handtüchern u. dergl. kann in dem Raum auch eine Waschmaschine[2]) aufgestellt werden.

In der Nähe soll sich auch eine Abortanlage[3]) befinden.

An Mobiliar muß das Dienerzimmer enthalten: Tisch mit Schreibzeug und Stühlen, Garderobe- und Schirmständer, Kleiderkasten[4]) und Schränke mit Reinigungsmaterialien (Kehr- und Handbesen, Bürsten, Staubwedel, Wisch- und Putztücher[5]), Soda, Seife und Utensilien zur Beleuchtung und Heizung (Streichhölzer, Kerzen, Laternen u. s. w.) und schließlich Fahrradständer, da in größeren Städten die Diener zur Besorgung von Kommissionen, um Zeit zu ersparen, zweckmäßig Fahrräder erhalten. An der Wand wird eine Uhr[6]) angebracht, eine Schiefertafel zum Notieren von Aufträgen und ein großes Schlüsselbrett, an welchem an einer Kette hängend auch der Kontrolluhrschlüssel sich befinden kann, falls auch ein Nachtwächter angestellt ist. Dieser erhält nämlich eine Kontrolluhr[7]) (Fig. 1995) mit papierenem Zifferblatt, auf welchem er beim Begehen des Raumes durch Einstecken und Umdrehen des Schlüssels eine entsprechende Marke einprägen muß, welche ermöglicht zu erkennen, zu welcher Zeit der Besuch stattgefunden hat. Sollen mehrere Stellen des Instituts revidiert werden, so muß an jeder derselben ein solcher Schlüssel befestigt sein. Die mit den Marken versehenen papierenen Zifferblätter können herausgenommen und aufbewahrt werden.

Fig. 1999.



Ferner sollen sich dort eine kleine Handfeuerspritze, verschiedene Leitern[8]), Seile und dergleichen Gerätschaften für Feuerlösch- und Rettungs-

---

[1]) Brausebadanlagen liefern: Göhmann und Einhorn, G. m. b. H., Dresden; Gebr. Poensgen, Maschinenfabrik, Düsseldorf; David Grove, Berlin SW., Friedrichstraße 24; Georg Jung, Düsseldorf, Friedrichstr. 54. Fabrikwaschständer: Dr. W. Heffter, Berlin, u. a. — [2]) Zu beziehen von C. A. Heinemann u. Co., Düsseldorf, Corneliusstr. 50. — [3]) Klosetts liefert z. B. Franz Genth, Klosettfabrik, Krefeld. Zweckmäßig befindet sich im Dienerzimmer auch eine Einrichtung zum Spülen größerer Mengen von Flaschen, Bechergläsern u. s. w., sowie ein an der Wand befestigtes entsprechend großes Tropfbrett mit schräg nach oben gerichteten Rechen, auf deren Zinken sich die Gläser zum Abtropfen und Trocknen aufstecken lassen (Fig. 1998). — [4]) Arbeiterkleider liefert Georg Hill, Worms a. Rh. — [5]) Marine-Scheuertuch liefert S. Goosmann, Bremen, Langenstr. 115. — [6]) Eine elektrische Signaluhr nach Fig. 1999, welche Schulanfang, sowie Schluß und sämtliche Pausen durch selbsttätiges Läuten angibt, liefern Paul Gebhardts Söhne Berlin C., Neue Schönhauserstr. 6, zu 90 Mk. — [7]) Wächterkontrolluhren liefern: E. Sonnenthal jun., Berlin; Böffinger u. Schäfer, Frankfurt a. M.; C. Th. Wagner, Wiesbaden (Fig. 1996); A. Eppner u. Co., Breslau; Schlenker-Grusen, Uhrenfabrik, Schwenningen (Württemberg) u. a. — [8]) Zu beziehen von Albert Munzinger, Holzindustrie, Kaiserslautern. Die Firma E. C. Flader in Jöhstadt in Sachsen liefert Dampf- und Handdruckspritzen.

zwecke befinden, sowie ein Verbandkasten[1]) und Anweisung über die erste Hilfe bei Unfällen in Plakatform. Besitzt das Institut, was in größeren Städten ebenfalls durchaus notwendig ist, Telephonanschluß, so wird in diesem Zimmer der Hauptanschluß bewirkt mit einer Umschaltevorrichtung, welche ermöglicht, andere Räume des Instituts anzuschließen.

Ein unter verglastem Rahmen befindliches schwarzes Brett dient zum Anheften von Schriftstücken, welche die Dienstvorschriften für die Diener enthalten, Fundordnung und ähnliche amtliche Bekanntmachungen.

Für jeden Diener ist ferner ein Abreißkalender angebracht, auf welchem er täglich die Verwendung seiner Dienstzeit einträgt. Römische Zahlen bezeichnen die Art der Arbeit, Beihülfe bei Vorlesungen, Reparatur von Apparaten, Reinigung u. s. w., beigesetzte arabische Ziffern die Zahl der auf die betreffenden Arbeiten verwandten Stunden. Die Blätter werden dem technischen Assistenten übergeben, welcher sie mit Bestätigungsvermerk dem Direktor vorlegt. Die darauf befindlichen Notizen über Zeit- und Materialverbrauch für Herstellung neuer Apparate dienen dazu, den in das Inventar einzutragenden Wert derselben zu bestimmen.

81. Der Pack- und Kistenraum. Das Verpacken und Auspacken von Apparaten darf des entstehenden Staubes wegen nicht in der Sammlung oder Werkstätte vorgenommen werden, es muß also da, wo solches häufig nötig wird, ein besonderer Raum dafür vorgesehen werden, welcher vor allem einen großen Tisch enthalten muß. Ein Schrank enthält die nötigen Packutensilien (Packpapier und andere feinere Packmaterialien[2]), Schachteln, Kartons[3]), Papprohre, Frachtbriefe, Paketadressen, Kollisahnen, Schreibzeug[4]), starke Bleistifte, Fettstifte, Tusche und Pinsel, Schablonen, Schnurkapseln und Siegellack) und namentlich auch einiges Werkzeug[5]), wie Hammer und Zange, Schraubenzieher verschiedener Größe und Brustleier, Kistenöffner (Nagelzieher, Fig. 2000), Kistenbrecheisen (Fig. 2001 und 2002), Kistenschabhobel (Fig. 2003), Briefwage, Paketwage, Brückenwage für Kisten und dergleichen.

Soweit tunlich, vermeidet man beim Einpacken loses Packmaterial, wie Holzwolle[6]), Papierspäne, Watte, Werg, Seegras, Heu, Stroh u. s. w., da hierdurch in der Regel viel Raum verschwendet wird, die Gegenstände stark bestäubt oder beschmutzt werden und man doch nie ganz sicher ist, ob sich nicht irgendwo eine Lücke findet oder bildet, wo harter Zusammenstoß zweier Teile möglich ist. Außerdem hat man genügendes Packmaterial in der Regel nicht zur Hand. Man sucht also soweit möglich die Gegenstände durch von außen eingetriebene Schrauben so an der Wand

---

[1]) Taschenbuch für Präzisionsmechaniker 2, 233, 1902. Verbandkästen (Fig. 1997), Schutzbrillen und verschiedenartige sonstige Schutzvorrichtungen sind zu beziehen von Dr. Werner Heffter, Berlin NW., Calvinstraße 14, und von S. Lion-Levy, Hamburg (Preis 25 Mk.). Hausapotheken von Fr. Ohlendorf, Quedlinburg a. Harz 96. — [2]) Wellpapier liefern Carl Lampmann Söhne, Wellpapierfabrik, Köln-Ehrenfeld; Wellpappe Leipziger Wellpappenwerke H. W. O. Sperling, Leipzig. — [3]) Zu beziehen von Fr. Christian, Mech. Kart.-Fabrik, Bad Soden a. T.; Gebr. Köchert, Ilmenau in Thüringen, u. a. — [4]) A. Heinemann u. Co., Berlin SW., Charlottenstraße 18, liefert einen schwarzschreibenden Signierstift zum Adressenschreiben auf Pakete und Kisten, dessen Schrift vom Wasser nicht beeinflußt wird, zu 20 Pfg. — [5]) Werkzeugkästen, siehe Fig. 981 und 982 a. S. 376 liefert Franz Hugershoff, Leipzig, zu 27 bzw. 185 Mk. — [6]) Zu beziehen von Caspar Kratzer, Holzwollefabrik, München, Sandstraße 9.

der Kiste zu befestigen, daß sie sich selbst bei starken Stößen nicht ablösen können. Kann dies nicht wohl geschehen, so nagelt man passende Lattenstücke derart neben und über den Gegenstand in der Kiste an, daß ebenfalls ein Hin- und Herschieben desselben unmöglich wird. Stoßen solche Teile an polierte Flächen, so muß dort aus umgewickeltem Tuch ein weiches Polster gebildet werden. Lose Teile an den Gegenständen müssen in Papier eingewickelt und möglichst fest durch Bindfaden angebunden werden.

Ist das Zwischenlegen von Packmaterial, z. B. Holzwolle, nicht zu umgehen, so verwendet man dasselbe tunlichst nicht direkt, sondern wickelt es in weiches Papier zu kleinen Paketen, die man als Polster zwischen die einzupackenden Gegenstände legt.

Kleine Teile, namentlich solche aus Glas, werden in Seidenpapier eingewickelt, und mit Watte umgeben in kleinen Kistchen untergebracht, die man im Inneren der großen Kiste in geeigneter Weise befestigt. Haben Glasteile wenig geeignete

Fig. 2000. Fig. 2001.

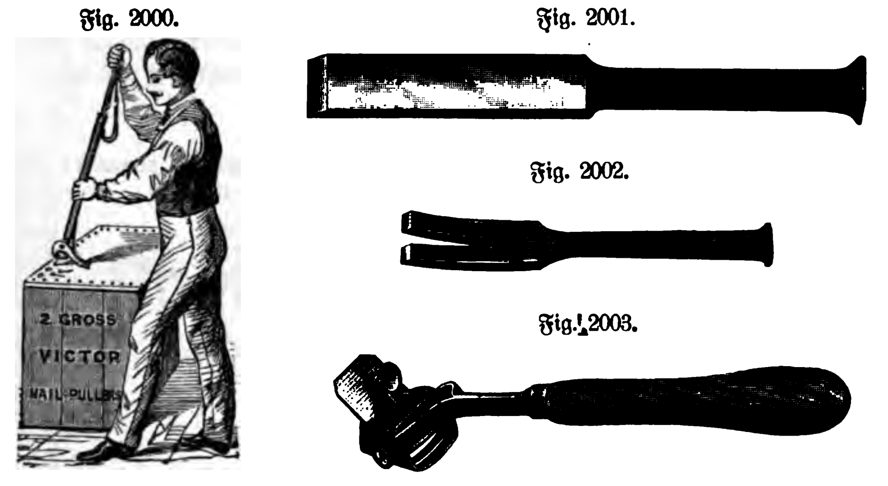


Fig. 2002.

Fig. 2003.

Form, sind es z. B. lange Röhren mit allerlei Ansätzen, so befestigt man sie durch Blechbänder mit Kork- oder Kautschukzwischenlage an eine Latte oder ein passendes Holzgestell und schraubt letzteres nicht direkt an, sondern unter Vermittelung starker Spiralfedern, welche möglichst gleichmäßig nach oben und unten verteilt werden, so daß, selbst wenn die Kiste einen heftigen Stoß erhalten sollte, das Holzgestell im Inneren nur Schwingungen ausführt, ohne irgendwo an die Wand der Kiste anzustoßen. Der Deckel der Kiste wird aufgeschraubt. Die Kiste selbst muß genügend stark gebaut sein und die Seitenwände werden tunlichst miteinander verzinkt, nicht einfach durch Nägel verbunden. Jedenfalls prüfe man eine zu verwendende Kiste vor der Füllung genau auf die sichere Verbindung der Seitenwände und verstärke dieselbe, wenn nötig, durch Eintreiben weiterer Nägel oder Schrauben. Der Fall, daß Kisten in zerbrochenem Zustande an ihrem Bestimmungsorte ankommen, ist gar nicht so selten.

Wird eine Kiste ausgepackt, so wende man keine Gewalt an, wenn sich irgendwo ein Hindernis zeigen sollte, sondern überzeuge sich zunächst davon, wo sich das Hindernis befindet und ob nicht an der betreffenden Stelle sich eine Schraube befindet, welche man noch nicht gelöst hat. Beim Auspacken der kleinen Gegenstände ist namentlich darauf zu achten, daß man keinen übersehe und mit der Verpackung

fortwerfe. Es ist also sofort nach beendeter Packung nochmals zu revidieren, ob nirgendwo ein Stückchen fehlt. Immerhin kann sich irgendwo eine Griffschraube und dergleichen gelöst haben und verschwunden sein, worauf man erst später aufmerksam wird. Aus diesem Grunde ist es zweckmäßig, alles Packungsmaterial wieder in die Kiste hineinzuwerfen und dieselbe lose zugeschraubt aufzubewahren, damit man, wenn nötig, später nochmals revidieren kann. Das Aufbewahren der Kisten erscheint auch aus dem Grunde nützlich, damit man, wenn eine solche nötig sein sollte, eine passende Auswahl zur Verfügung hat. Freilich dürfte in vielen Fällen kein Raum dafür vorhanden sein.

Für ein größeres Institut ist ein besonderer Kistenraum nicht zu entbehren. Verdorbenes Packmaterial, insbesondere feuchtes, wird vernichtet, schon wegen der mit Anhäufung größerer Mengen solcher Materialien verbundenen Feuersgefahr. Jedenfalls darf sich der Kistenraum nicht an einem Orte befinden, wohin Funken aus Kaminen u. s. w. gelangen können. Dagegen ist es zweckmäßig, wenn er sich in der Nähe des Ortes befindet, wo die Heizmaterialien aufbewahrt werden, da schlechte und verdorbene Kisten am besten nach und nach zerkleinert und zur Heizung verwendet werden. Zu diesem Zwecke muß sich dort ein Sägebock und ein Klotz mit Beil zum Holzspalten[1]) befinden.

[1]) Zum Spalten von Anfeuerholz empfiehlt sich der Küchenholzspalter „Knick-Knack", zu beziehen von Balduin Oehme, Leipzig, Colonnadenstraße 18.



Ankündigungen

empfehlenswerter Firmen

Dr. J. Fricks

Physikalische Technik

Siebente Auflage

herausgegeben von

Professor Dr. Otto Lehmann

in Karlsruhe i. B.

Erster Band Erste Abteilung

Alphabetisches Verzeichnis der Inserenten.

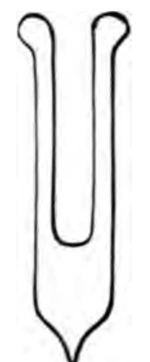


Déterts Durit-Gummi

hält da, wo alle anderen Gummisorten bald verderben bezw. brüchig werden.

Die **Détertschen Durit-Schläuche, Platten, Dichtungen** usw. **sind kälte- und hitzebeständig.** — Katalog gratis.

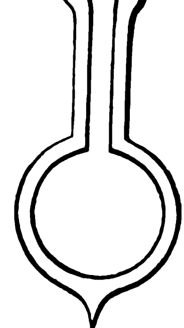
Rudolf Détert, Berlin NW., Karlstrasse 9 p.



Reinhold Burger

BERLIN N., Chausseestr. 2E

Telegrammadresse: **„Vakuumglas“**





empfiehlt einfache und automatische

Quecksilber-luftpumpen,

Röntgenröhren

mit und ohne Vakuumregulierung und Wasserkühlung.

Marconiröhren usw.

Preislisten gratis.

Ferner

doppelwandige Glasgefässe

zur flüssigen Luft.

Pentanthermometer

bis — 200° C zur flüssigen Luft.

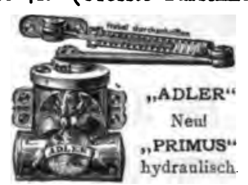
Normalthermometer

bis + 500°.

Preislisten gratis.

Präm.: Chicago 1893, Schlosser-Fachausstellung, Berlin 1889 u. 1896, Ehrend., gold., silb., bronz. Medaille. **Berliner Türschliesser-Fabrik Schubert & Werth, Berlin C.,** Prenzlauerstrasse 41. (Grösste Türschliesser-Fabrik Europas).





Schlosssicherung

D.R.W.Z.

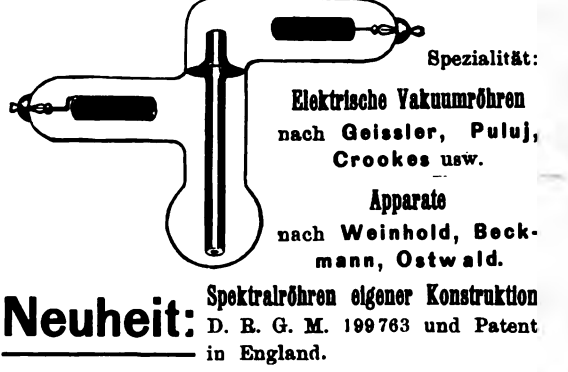
beide automatisch mit langjährig bewährter Sicherheitshebel, können selbst durch willkürliches Zuschlagen der Tür nicht ruiniert werden. 3 Jahre Garantie.

einzusetzen in gew. Türschlösser, m. Dietr. nicht zu öffnen. Firma eingrav., da wertl. Nachahmung. exist.

Leipziger Glasinstrumenten-Fabrik

Härtelstr. 4. **F. O. R. GOETZE** Leipzig

Fabrik und Lager von sämtlichen
physikalischen, chemischen, meteorologischen und bakteriologischen Apparaten



Spezialität:

Elektrische Vakuumröhren
nach **Geissler, Puluj, Crookes** usw.

Apparate
nach **Weinhold, Beckmann, Ostwald.**

Neuheit: **Spektralröhren eigener Konstruktion** D. R. G. M. 199763 und Patent in England.

Diese Röhren geben ein Spektrum von bisher unerreichter Helligkeit und Schärfe. Mit allen Gasen gefüllt, spez. **Argon** und **Helium.**

Man verlange Preisliste.

Verlag von Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Die Physik

in gemeinfaßlicher Darstellung für höhere Lehranstalten, Hochschulen und zum Selbststudium von

Dr. Friedrich Neesen,

Professor an der vereinigten Artillerie- und Ingenieur-Schule und an der Universität Berlin.

Mit 284 in den Text eingedruckten Abbildungen und einer Spektraltafel. gr. 8. Preis geh. 3,50 *M.*, geb. 4 *M.*

Zu beziehen durch alle Buchhandlungen.

Jenaer

Röhren und Geräteglas



für Laboratoriumsgebrauch

von hochgesteigerter Widerstandsfähigkeit gegen schroffen Temperaturwechsel und Angriffe chemischer Agentien.



Glaswerk Schott & Gen., Jena.

GEORG BECK & CIE.

Berlin-Rummelsburg

Hauptstrasse No. 4

Spezialfabrik für wissenschaftl. Instrumente

Physikalische und elektrische Lehrmittel

Demonstrationsapparate

in solidester und elegantester Ausführung.

Dr. Robert Muencke.

Luisenstrasse 58. **Berlin NW.** Luisenstrasse 58.



Technisches Institut für Anfertigung naturwissenschaftlicher Apparate und Gerätschaften.

Vollständige Einrichtungen u. Ergänzungen chemischer Laboratorien.

Bakteriologische und Bodenkundliche Apparate.

Mikroskopische Utensilien.

Gasanalytische Apparate.

Stative. Öfen. Gaslampen. Trockenkästen.

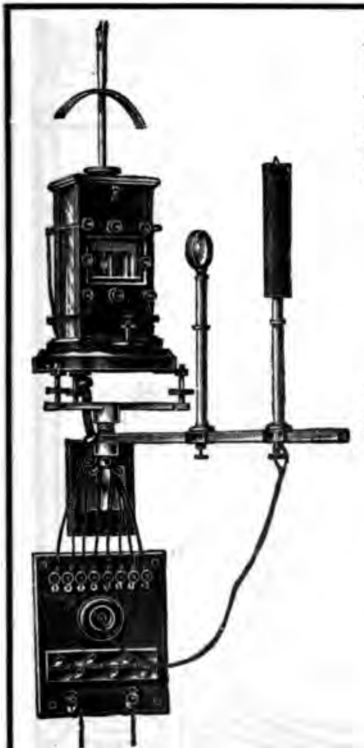
Wasserluftpumpen. Wasserstrahlgebläse.

Neu! Kolorimeter nach Professor Dr. J. König zur Bestimmung des Ammoniaks, der salpetrigen Säure und des Eisens im Wasser.

Bunsenbrenner mit Benzinfeuerung.

Ausführliche illustrierte Preisverzeichnisse.





Franz Hugershoff, Leipzig

Gegründet 1844

Apparate und Geräte für Chemie, Bakteriologie, Physik und verwandte Zweige

Einrichtungen und Ergänzungen chemischer Laboratorien und naturwissenschaftlicher Kabinette

Mechanische Werkstatt — Glasbläserei
Metalllackiererei — Tischlerei

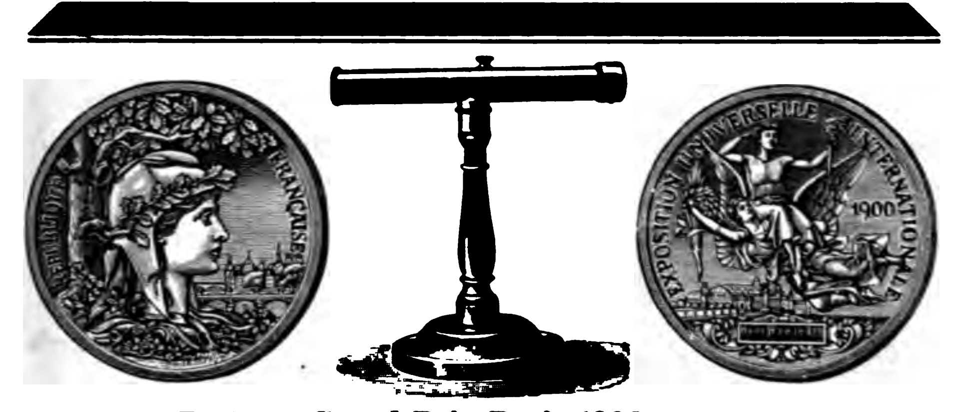


Keiser & Schmidt

Johannisstr. 20 **Berlin N.** Johannisstr. 20

Physikalische Apparate und Messinstrumente
Ampère- und Voltmeter, Funkeninduktoren
Kondensatoren, Pyrometer bis 1600° C.
Spiegelgalvanometer

Preisverzeichnisse kostenfrei

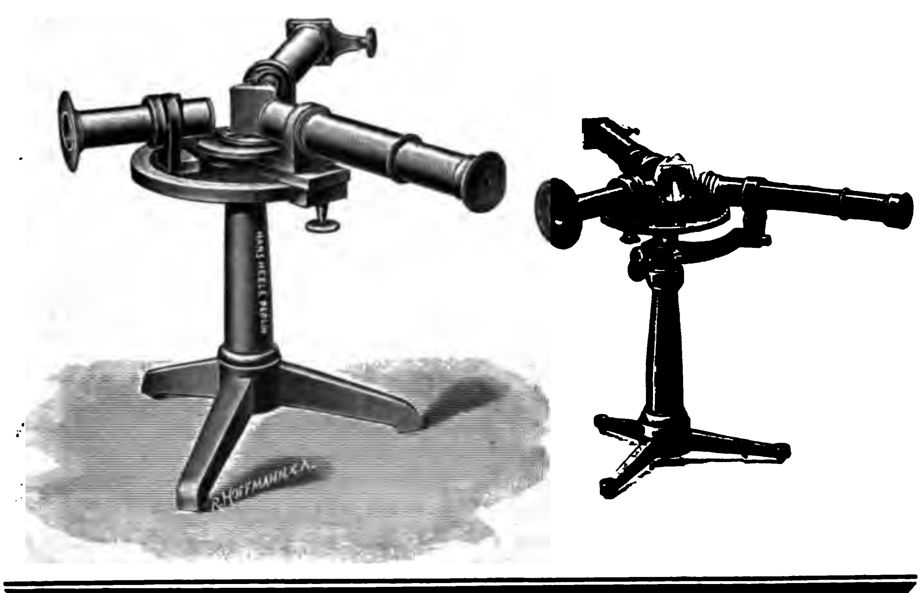


Dreimal **Grand Prix Paris 1900.** Dreimal
einmal die Firma selbst, zweimal durch Ausstellung meiner
Instrumente durch Staatsbehörden.

Hans Heele, Berlin O. 27

Werkstätten für Präzisions-Optik und Mechanik

Spektralapparate
Projektionsapparate
Optische Bänke
Astronomische Fernrohre



Carl Bauer, München

Frauenstraße 19

Gegründet 1844 **Maschinen- und Werkzeugfabrik** **Gegründet 1844**



Präzisions-Drehbänke

nebst allen

Hilfsapparaten

zum Drehen, Fräsen, Sägen, Bohren, Schleifen usw.

Bohr-, Fräs- und Hobelmaschinen
für Hand- und Kraftbetrieb

Gas-Schmelz- und Lötapparate

Ia engl. Werkzeug- u. Silberstahl

sowie alle

Werkzeuge und Utensilien

für

Präzisions- und Feinmechaniker Elektrotechniker, Optiker usw.

Illustr. Preisliste auf Wunsch franko

Central-Werkstatt, Dessau

der Deutschen Kontinental-Gas-Gesellschaft

Gegründet 1872 **Spezialfabrik für Gasapparate** Gegründet 1872

empfiehlt ihre bewährten

Bunsenbrenner für Laboratorien, Kochkessel mit Gasheizung, Einzelbrenner für Kesselfeuerungen mit Gas, sowie

Gas-Schnell-Wassererhitzer „Askania-Therme“.

Gas-Schnell-Wassererhitzer „Askania-Therme“.



Die Bedienung unserer neuen Schnell-Wassererhitzer **„Askania-Therme“** mit selbsttätiger Zündvorrichtung ist die denkbar einfachste.

Durch bloßes Öffnen bzw. Schließen des Wasserventiles wird das Gasventil selbsttätig geöffnet bzw. geschlossen und der Brenner unter Benutzung einer Zündflamme angezündet bzw. gelöscht. Der Apparat gibt **sofort nach Entzünden der Gasflamme warmes, heisses und auch kochendes Wasser.**

Alle wasserbespülten Teile sind a. verzinntem Kupferblech bzw. Messing hergestellt.

Einfache Konstruktion. Solide Ausführung. Billige Preise.

Sämtliche Teile sind zerlegbar und leicht zu reinigen, eventuell auch bequem auswechselbar.

Unsere Fabrikate sind durch alle besseren Installationsgeschäfte zu beziehen.

Wir bitten zu adressieren: **Verwaltung der Central-Werkstatt Dessau.**







